BEITRÄGE

ZUR

NEUROLOGIE

DER

OBEREN EXTREMITÄT

VON

Dr. W. KRAUSE,
PROFESSOR IN GÖTTINGEN.

MIT DREI KUPFERTAFELN UND EINER TABELLE.

LEIPZIG UND HEIDELBERG.
C. F. WINTER'SCHE VERLAGSHANDLUNG.
1865.

Digitized by the Internet Archive
in 2016

https://archive.org/details/b22289999

SEINEM

LEHRER UND FREUNDE

HERRN J. HENLE

IN HERZLICHER DANKBARKEIT

GEWIDMET

VOM VERFASSER.

Inhalt.

Seite

Einleitung 1

Historisches 2

Anatomisches 9

Experimentelles 19

Physiologisches 29

Schlussfolgerungen 44

Einleitung.

Die systematische Anatomie des Menschen gilt hier und dort für langweilig und dies ist wohl der Hauptgrund, wesshalb leider manche der begabtesten unter den Vertretern der naturwissenschaftlichen Medicin von dieser Disciplin sich abzuwenden pflegen. Indessen zeigt sich, wenn man die Sache genauer betrachtet, dass die Anatomie, wie alle analogen Wissenschaften, nur in so weit ermüdet, als sie unverstanden ist, und eine Menge von Thatsachen beschreibend neben einander stellt, deren innerer Zusammenhang für jetzt unaufgeklärt bleibt. Nirgends tritt dies mehr hervor, als in der Neurologie der Extremitäten. Vergebens sucht man nach einem Grunde, wesshalb die Nervenstämme an der Hand gerade so angeordnet sind, wie es nun einmal der Fall, und wesshalb sie am Fusse zwar im Ganzen ähnlich verlaufen, im Einzelnen aber doch ganz anders. Der Schlüssel liegt in den Plexus verborgen; es ist bekannt, dass die grössen Nervenstämme keine Aeste und Zweige abgeben in dem Sinne, wie es die Arterien thun, sondern dass jene Stämme nur die Bahnen darstellen, auf denen die Nervenfibrillen zu ihren Endigungspunkten gelangen. Indem diese sehr feinen Fasern zu Bündeln vereinigt sind, welche in ihrer Fortsetzung ein bestimmtes Foramen intervertebrale passiren müssen, werden die Bündel, diese eigentlich selbstständigen Gebilde zu den grösseren, von der beschreibenden Anatomie besonders benannten Nervenstämmen durch dichtes Bindegewebe vereinigt. Daher stammt die so auffallende Unregelmässigkeit in der Nervenvertheilung: man kann bis heute beim Menschen nicht angeben, aus welcher vorderen Wurzel dieser oder jener Muskelnervenast seinen Ursprung nimmt, oder welche Hautpartie von den entsprechenden Fasern versorgt wird, die aus der hinteren Wurzel desselben Rückenmarksnerven stammen. Für das physiologische Verständniss, wie für das praktische Bedürfniss kommt aber Alles darauf an zu ermitteln, welches denn nun eigentlich die Muskel- oder Haut-Provinzen sind, die von jeder Rückenmarksnervenwurzel aus versorgt werden, und somit einem bestimmten Abschnitt des Rückenmarkes angehören. Die Thatsachen, welche die Physiologie des Raumsinns bisher beigebracht hat, sprechen in ihrer Gesammtheit dafür, dass die Ortsempfindungen abhängig sind von einer gesetzmässigen Verknüpfung ganz bestimmter sensibler Nervenfasern mit den entsprechenden motorischen Fibrillen. Diese Zusammengehörigkeit nachzuweisen würde sehr leicht sein, wenn die Nerven keine Plexus bildeten, so dass jeder Rückenmarksnerv ohne weitere Verbindungen einzugehen in die betreffenden peripherischen Organtheile ausstrahlte, welche ihm vermöge der embryonalen Entwicklung als Verbreitungsbezirke zugefallen sind. Eine derartige, leicht übersichtliche Vertheilungsweise scheint nur bei Fischen vorzukommen, wie sie z. B. Quatrefages aus dem durchsichtigen Körper von Amphioxus beschrieben und abgebildet hat.

Historisches.

Dreimal schon ist der Versuch gemacht, das Räthsel zu lösen, wesshalb die Nerven Plexus bilden.

Vor fast 30 Jahren stellte die medicinische Facultät in Berlin — ohne Zweifel auf Anregung von Joh. Müller — eine Preisaufgabe, welche folgendermassen lautete:

Indagentur structura et virtutes plexuum nervorum; anatomica et microscopica observatione exquiratur, utrum fibrillae quae vocantur primitivae nervorum plexum brachialem, lumbalem sacralemve intrantes, in ipso plexu confluant, an sine vera earum anastomosi solummodo decussentur misceantur novo ut ordine prodeant; praeterea experimentis in animalibus frigidi calidive sanguinis instituendis evincatur, utrum irritatio in nervum, qui plexum intrat, agens per consensum in toto plexu et per nervos inde oriundos ad omnes musculos propagetur, an irritatio nervi intrantis per aliquas solum plexus partes in continuatas ejusdem nervi fibrillas singulosque musculos agat: unde natura plexuum nervosorum eorumque differentia ab anastomosibus vasorum dilucidetur.

Die damals vorliegende Literatur bot zur Beantwortung der gestellten Frage keine Hülfsmittel. Es ist unnöthig, hier die verschiedenen Hypothesen vorzuführen, welche Reil, Scarpa, Monro, Soemmerring aufgestellt hatten. Joh. Müller hatte Folgendes bemerkt: Durch den Plexus werden gewisse Summen von Primitivfasern für gewisse natürliche Gruppen von beweglichen und empfindlichen Theilen vereinigt, wodurch die weitere Vertheilung eines einer Gruppe bestimmten Nerven erleichtert wird. Diese letzte Sammlung könnte man aber vielleicht bloss als ein durch die Lage der Theile nützlich und bequem gewordenes anatomisches Verhältniss betrachten.

Durch eine ebenso sorgfältig ausgeführte als umfangreiche Arbeit gewann Kronenberg[1]) den Preis. Seine Resultate wurden erhalten durch anatomische Präparation, die sich vorzugsweise auf den Plexus brachialis des Menschen und Kaninchens erstreckte; durch Experimente an letzterem und am Plexus ischiadicus des Frosches; durch mikroskopische Untersuchungen mit Hülfe von 100—300 fachen Vergrösserungen. Die anatomische und mikroskopische Untersuchung ergab keine hier erwähnenswerthen Resultate; die Experimente am Frosche bestätigten im Allgemeinen Dasjenige, was Joh. Müller und van Deen schon früher gefunden hatten. Es liegt jedoch auf der Hand, dass die Untersuchungen am Frosche, welche später auch von Eckhard wiederholt worden sind, keine specielle Anwendung auf die hier interessirende Neurologie des Menschen zu finden vermögen. Die Experimente Kronenberg's am Kaninchen bestanden in Blosslegung einzelner Cervicalnerven und Erregung derselben durch mechanische Reizung oder strömende Electricität. Es wurde dann

[1]) Plexuum nervorum structura et virtutes. Auctore Dr. H. Kronenberg. Cum VIII tab. Berol. 1836.

einfach registrirt, welche Muskeln unter diesen Umständen zuckten. Es zuckten bei Reizung des I. Dorsalnerven die Mm. pectoral., latiss. dorsi, teretes, triceps, flexores man. et digit. pronat. rot., weniger der M. biceps, die Extensoren der Hand und der Finger. Der VIII. Cervicalnerv brachte ganz dieselben Muskeln zur Contraction. Der VII. Cervicalnerv bewirkte Zuckung im M. latiss. dorsi, pectoral. teres, deltoideus, triceps, biceps, brachial. int. und der Extensoren am Vorderarme. Leichter zuckten die Muskeln des Schulterblattes und alle Beuger der Hand mit dem pronat. rot. Diese Erscheinung stimmt ganz mit der Vertheilung der Fasern jedes Nerven in die Nerven des Arms, sowie die Präparation auch beim I. Dorsalnerven zeigte, dass die Muskeln zuckten, welche Fasern von letzterem Nerven erhielten. Der VI. Cervicalnerv bewirkte Zuckungen in den Muskeln der Schulter, latiss. dorsi, triceps, biceps, leichtere in den Beugern der Hand und im M. pronat. Der V. Cervicalnerv brachte die Muskeln der Schulter, den M. deltoid., teres, latiss. dorsi, triceps zum Zucken. Demnach erhält fast jeder Muskelnerv Fasern aus allen in den Plexus eintretenden Nerven. Ferner ergab sich, dass durch die Plexusbildung die einzelnen Partien der Centralorgane mit mehreren peripherischen Theilen und umgekehrt die einzelnen peripherischen Theile mit mehreren Partien der Centralorgane in Verbindung gesetzt werden. Aus dieser Einrichtung lassen sich nach Kronenberg folgende Vortheile ableiten.

1) Mit Hülfe der Plexus ist ein nur kleiner Theil der Centralorgane im Stande mehrere von einander entfernte Körpertheile auf denselben Zweck hinwirken zu machen. Wir sehen der Erregung eines einzigen Nerven vor Eintritt in den Plexus Zuckungen fast aller Muskeln einer Extremität folgen. Mithin vermag das Rückenmark von einer Stelle aus, wo ein Cervicalnerv entspringt, die verschiedensten Bewegungen anzuregen. Dadurch geschieht es, dass nur ein kleiner Theil des Centralorgans angestrengt oder ermüdet wird, um gemeinschaftliche Leistungen auszuführen oder Bewegungen hervorzurufen.

2) Die Plexus unterstützen die Kraft und Ausdauer der Centralorgane und verhindern eine zu schnelle Erschöpfung derselben, denn um gemeinschaftliche Bewegungen auszulösen, kann eine andere Partie der Centralorgane, die denselben Bewegungen vorsteht, fungiren, wenn die erste Partie schon erschöpft ist.

Wenn schon eine einzelne Partie der Centralorgane Bewegungsursache z. B. für den Arm zu werden vermag, so wird die Bewegung bedeutend vermehrt werden, nachdem alle centralen Partien, welche mit den Nerven des zu bewegenden Körpertheiles zusammenhängen, in Thätigkeit gesetzt sind. Die bedeutende Kraft, mit welcher wir die oberen und unteren Extremitäten zu bewegen vermögen, resultirt nicht nur aus den Anschwellungen des Rückenmarks an jenen Stellen, wo die Nerven für die Extremitäten entspringen, sondern auch aus der Anordnung der Plexus, welche gerade an jenen Körperprovinzen am meisten entwickelt und complicirt sind.

Wir sehen auch grossen Kraftanstrengungen schnelle Ermüdung folgen, weil kein Theil des Rückenmarks mehr in Thätigkeit gesetzt werden kann, der nicht schon vorher in Anspruch genommen worden wäre. Diese Beweisführung wird durch die vergleichende Anatomie der Plexus bestätigt. Denn die letzteren sind um so grösser und complicirter, je grössere Kraftanstrengungen irgend einem Thiere seiner Natur nach zugemuthet werden. Die Nervenstämme jenseits des Plexus brachialis beim Menschen enthalten nicht alle, wenn gleich die meisten Fasern aller Nerven vor dem Eintritt in den Plexus. Erst durch die Anastomosen der Nerven jenseits der Plexus wird es bewirkt, dass in den Hand- und

Fingernerven die Fasern aller Nerven vor dem Eintritt in die Plexus enthalten sind. Daher wohnt der Faust eine so bedeutende Kraft inne, und die Finger, obgleich mit wenigen Muskeln versehen, sind dennoch zu bedeutenden Kraftleistungen geeignet.

3) Durch die Plexus wird bewirkt, dass die Centralorgane bei Reizungen einzelner Stellen nicht zu sehr erregt werden und die Aufnahmefähigkeit nicht geschwächt wird, ferner, dass die Centralorgane ausdauernd sind in ihrer Aufnahmefähigkeit. Aber durch die Vertheilung der Eindrücke, um es so auszudrücken, wird das Gefühl dafür vermindert, und das Rückenmark wird von einem Reize, dem es gleichsam mit grösserer Oberfläche widersteht, schwerer überwunden und beeinträchtigt, als wenn demselben Reize eine kleinere Oberfläche des Rückenmarkes gegenüberstände.

Es würden daher die Lähmungen und Schwächungen aus Ueberreizung viel häufiger sein, wenn die Plexus nicht existirten. Wir werden zwar sehen, dass einige Nachtheile daraus entstehen, dass die Erregung eines peripherischen Theiles zu mehreren centralen Theilen radienartig sich verbreitet, wenn ungewöhnliche Reizmittel einwirken. Solche ausserordentliche Fälle sind aber von der Natur nicht berücksichtigt und die Plexus verhindern nur, dass die gewöhnlichen und nothwendigen Eindrücke ausser der normalen Reaction anderweitige Nachtheile hervorbringen.

4) Durch die Plexus werden viele unwillkürliche Bewegungen verhindert, denn durch heftige Eindrücke entstehen Reflexbewegungen. Da aber die Eindrücke durch die Plexus abgeschwächt werden, so erregen gewöhnliche Reizungen keine Bewegungen. Wenn alle erregten Fasern in einer Region der Centralorgane zusammenkämen, so würde eine gewöhnliche Reizung zu einer ausgezeichneten erhoben werden und derselben meistens unbequeme Bewegungen nachfolgen.

5) Die Plexus gewähren alle Vortheile, welche aus einem Zusammenfliessen der Nervenfasern, falls ein solches vorkäme, hervorgehen würden. Denn letzteres würde dadurch die Reize abschwächen, weil die erregten Fasern in mehrere sich theilen und daher auf mehrere Partien der Centralorgane influiren würden; auch wären in ähnlicher Weise kleine Partien der Centralorgane im Stande auf grössere peripherische Körpertheile einzuwirken. Diese Vortheile werden, wie aus dem Obigen hervorgeht, durch die Plexus erreicht, ohne dass ein Zusammenfliessen der Nervenfasern stattfände.

6) Vermöge der Plexus bietet die Summe der Fasern eine grössere Oberfläche, als wenn sie in einen oder mehrere grössere Stämme vereinigt wären, und aus je mehr Bündeln ein Nerv besteht, eine um so grössere Oberfläche bietet die Masse seiner Fasern. Aus diesem Bau resultirt folgender Vortheil. Es wird zunächst den Gefässen der Zugang ins Innere des Nerven erleichtert. Wenn wir ferner erwägen, dass ausser der Empfindung und Bewegung sehr wahrscheinlich auch ein anderes Lebensprincip dem Nerven innewohnt, so können wir die Plexus desswegen, weil durch sie eine grössere Oberfläche von Fasern dem Körper zugekehrt ist, vielleicht für ein Organ halten, in welchem die Nervensubstanz geeigneter wird, jenes Lebensprincip mitzutheilen, gerade wie das Blut in den Capillargefässen eine grössere Oberfläche erhält und für Se- und Excretionen geeigneter wird.

Am schärfsten hat Joh. Müller [1]) später die damals vorliegenden Ergebnisse präcisirt. Er sagt, der Zweck der Plexus in Beziehung auf die motorischen Nerven scheine

[1]) Handbuch der Physiologie. 1844. Bd. I. S. 586.

zu sein, jedem Muskel Fasern von verschiedenen Stellen des Gehirns und Rückenmarks zuzuführen. Dann mögen die Plexus auch zur Mischung sensorieller und motorischer Fasern je nach dem Bedürfniss der Theile bestimmt sein.

Es mag gleich hier bemerkt werden, dass Kronenberg's Versuchs-Ergebnisse ohne Zweifel durch mangelhafte Isolation der Electroden und andere damals nicht bekannte Versuchsfehler (S. 101) wesentlich influirt sind. Durch jene Resultate konnte sich begreiflicher Weise die Physiologie nur wenig befriedigt finden, und auf Ludwig's Anregung stellte die medicinische Facultät von Zürich im Jahre 1852 die Preisaufgabe:

In welchen Muskeln und in welchen Hautstellen endigen die in den Plexus brachialis eines Säugethieres eintretenden Nervenwurzeln?

Peyer[1]) erhielt den Preis, indem er unter Ludwig's Leitung als Untersuchungsobject das Kaninchen wählte. Seine Arbeit giebt zunächst eine genaue Osteologie, Syndesmologie und Myologie der oberen Extremität dieses Säugethieres.

Zur Bestimmung der Ausbreitungssphäre der motorischen Fasern in einer Nervenwurzel durch den physiologischen Versuch wurden jene Fasern durch die bekannten Mittel in Erregungszustand versetzt, und, wie von Kronenberg, registrirt, welche Muskeln unter diesen Umständen zuckten. Hierzu bediente sich Peyer vorzugsweise eines möglichst schwachen electrischen Stromes. Mechanische Reizungen, welche an sich grössere Zuverlässigkeit dargeboten hätten, konnten nicht wohl angewandt werden, weil dieselben Wiederholungen des Versuchs an demselben Nerven nicht oder kaum gestatten, welche jedoch zur Controle unerlässlich schienen. Gerade hierin zeigten sich die Vorzüge des electrischen Stromes. Die Nachtheile des letzteren — Irrthümer, welche durch Nebenschliessung u. s. w. entstehen können, wurden einerseits durch Anwendung eines möglichst schwachen Stromes verhütet. Es wurde ein durch ein einziges Bunsen'sches Element in Bewegung gesetzter Magnetelectromotor benutzt, wobei der Inductionsstrom gerade nur in solcher Stärke erregt wurde, dass eben noch Zuckungen entstanden. Andererseits wurden behuf sorgfältiger Isolirung des abgeschnittenen Wurzelendes der Rückenmarksnerven ein Glimmerblättchen oder in Wachs getauchtes Papier demselben untergeschoben. Als Pole wurden feine mit Seide übersponnene Drähte benutzt, deren freie Endstücke in feinen in Spitzen ausgezogenen Glasröhrchen steckten, so dass die blanken Spitzen eben noch aus der etwas umgebogenen Oeffnung hervorschauten. Die Spitzen wurden dann noch mit Wachs so umgeben, dass nur der Querschnitt der Drähte auf den Querschnitt der zu erregenden Nervenwurzel aufgesetzt wurde. Alle Experimente wurden möglichst oft wiederholt. Bei dem VI. Cervicalnerv wurde auch chemische Reizung angewendet, indem der Wurzelquerschnitt mit einer concentrirten Chlor-natriumlösung betupft, oder Kochsalzkrystalle an denselben gelegt wurden. Die Muskeln waren vor Beginn des Versuchs frei präparirt werden.

Die Verbreitung der sensiblen Röhren wurden in folgender Weise erforscht. Zunächst wurden die Kaninchen durch Injection von Opiumtinctur in die Vena jugul. narcotisirt, und dann alle Wurzeln des Plexus brachialis bis auf eine zu untersuchende durchschnitten. Darauf wurden die Hautstellen ermittelt, von welchen aus durch mechanische oder thermische Reize unter diesen Umständen noch Reflexbewegungen ausgelöst werden konnten, woraus

[1]) Ueber die peripherischen Endigungen der motorischen und sensiblen Fasern der in den Plexus brachialis des Kaninchens eintretenden Nervenwurzeln. Inaug. Dissert. Zürich 1853. Zeitschr. f. ration. Medicin N. F. Bd. IV. S. 52.

sich der Verbreitungsbezirk der betreffenden sensiblen Wurzel unmittelbar ergab. Als Reizmittel wurde Brennen der Haut mit einem glühenden Draht, Kneipen mit der Pincette oder feine Scheerenschnitte in die Haut in centripetaler Richtung fortschreitend angewandt, welches letztere Verfahren am sichersten Reflexbewegungen hervorrief. Die Resultate seiner Arbeit stellte Peyer, wie folgt, zusammen:

1) Vom Plexus brachialis des Kaninchens werden versorgt: die Muskeln zwischen den einzelnen Gliedern der oberen Extremität, die Mm. latissimus pectoris, pectoralis major, pectoralis minor, latissimus dorsi, cutaneus maximus, der Hals- und Brusttheil des M. serratus und einige Rumpfmuskeln (von Fasern, welche gar nicht an der Bildung des Plexus participiren.)

2) Die meisten Muskeln erhalten ihre Fasern von mehr als einer, einzelne sogar von drei Wurzeln. Hierbei ist indessen zu bemerken, dass zuweilen die Contractionen eines Muskels durch Reizung verschiedener denselben innervirender Wurzeln merklich verschieden kräftig sind.

3) Eine und dieselbe Wurzel versorgt bei verschiedenen Individuen nicht immer genau dieselben Muskeln. Doch sind die Variationen gering und das Gesammtbild der erregten Muskelgruppe wenig störend.

4) Nahe (oder beisammen) liegende Muskeln erhalten ihre motorischen Fasern von nahegelegenen Wurzeln. Auszunehmen dürfte sein der (von den Nn. cervic. VI. und VII. versorgte) M. extensor carpi internus.

5) Weiter rückwärts austretende Wurzeln versorgen progressiv näher der Hand gelegene Muskeln.

6) Durch eine und dieselbe Nervenwurzel wird nicht ausschliesslich ein Muskelcomplex erregt, den man einfach als Gruppe der Extensoren, Flexoren u. s. w. bezeichnen könnte.

7) Aus der Vertheilungsweise der sensiblen Fasern kann geschlossen werden, dass der Plexus brachialis die Haut der oberen Extremität versorgt.

8) Dieselbe Nervenwurzel versorgt im Allgemeinen diejenigen Hautstellen mit sensiblen Fasern, unter welchen die von ihr innervirten Muskeln liegen. (Diesen Satz hat Schröder van der Kolk später für den Menschen behauptet).

9) Dieselben Hautstellen werden von verschiedenen Wurzeln mit sensiblen Fasern versehen.

10) Die Verbreitungsbezirke der einzelnen Wurzeln greifen mehr oder weniger über einander.

Der Fortschritt in den Angaben Peyer's gegenüber denen von Kronenberg liegt auf der Hand. Was die motorischen Nerven betrifft, so ist derselbe der besseren Methode des erstgenannten Experimentators zu danken. Die sensiblen Nerven hatte derselbe zum ersten Male mit experimentellen Hülfsmitteln in Bezug auf ihre Verbreitung untersucht. Auf einem anderen Wege suchte bald darauf Türek [1]) die Verbreitungsbezirke der sensiblen Rückenmarksnerven zu ermitteln. Auch diese Versuchsreihe wurde im Ludwig'schen Laboratorium (in Wien) ausgeführt. Während Peyer beim Kaninchen untersucht hatte, von welchen Hautstellen aus noch Reflexbewegungen ausgelöst werden konnten, nachdem alle Wurzeln des Plexus brachialis bis auf eine bestimmte durchschnitten worden waren,

[1]) Vorläufige Ergebnisse von Experimental-Untersuchungen zur Ermittelung der Haut-Sensibilitätsbezirke der einzelnen Rückenmarks-Nervenpaare. Sitzungsberichte der k. k. Akademie der Wissensch. zu Wien. 1856. S. 586.

bestimmte Türck beim Hunde umgekehrt diejenigen Hautstellen, welche anästhetisch wurden nach Durchschneidung einer einzigen bestimmten Rückenmarksnervenwurzel. Peyer beschränkte sich auf die obere Extremität, Türck verglich auch die untere. Beide Forscher benutzten narcotisirte Thiere; während es aber Peyer auf das Eintreten von Reflexbewegungen ankam, studirte Türck im Gegentheil unter veränderten Umständen das Ausbleiben von solchen. Es kann nicht in Zweifel gezogen werden, dass, besondere Fälle ausgenommen, die letztere Methode die vorzüglichere von beiden ist, weil nämlich Bewegungen auch ohne die Eingriffe des Experimentators häufig scheinbar von selbst zu entstehen pflegen, namentlich wenn durch Narcotisirung die Reflex-Empfindlichkeit sehr gesteigert worden war. Die Resultate, soweit sie die obere Extremität betreffen, waren folgende.

Das einzelne Spinalnervenpaar vermittelt in einem beträchtlichen Theile seines Hautbezirkes die Sensibilität ganz ausschliessend oder in einem so hohen Grade gegen die Nachbarpaare überwiegend, dass nach seiner Trennung daselbst die heftigsten mechanischen Eingriffe spurlos vorübergehen, während in der ganzen Umgebung lebhaft empfunden wird. Von einigen Hautstellen lässt es sich nachweisen, dass sie von je zwei benachbarten Paaren gemeinschaftlich versorgt werden. Die Verbreitungsbezirke der einzelnen Paare stellen am Halse und Rumpfe bandähnliche Streifen dar, welche von den Dornfortsätzen bis zur vorderen Mittellinie in einer auf der Längenaxe des Körpers senkrechten oder beinahe senkrechten Richtung ringsum verlaufen. Die Verbreitungsbezirke der die Haut der Extremitäten versorgenden Spinalnervenpaare befolgen mit Modificationen ganz die oben angegebene Norm der übrigen Paare, jedoch springt diese Uebereinstimmung nur dann in die Augen, wenn die Extremitäten in eine gewisse Stellung zum Rumpf gebracht werden. Für die vorderen Extremitäten ist diese Stellung die seitliche, rechtwinklige gegen den Rumpf, mit vollkommener Streckung in allen Gelenken, bei etwas supinirter Hand. Die Bezirke der Extremitäten verhalten sich ungefähr so, als wären sie ursprünglich an den Seiten des Halses und Rumpfes gerade so wie alle anderen verlaufen und erst später durch die sich bildenden Extremitäten als Ueberzug derselben seitlich hervorgestülpt worden. Dadurch seien nun einzelne Bezirke so weit seitlich gezogen worden, dass sie sich von der vorderen und hinteren Mittellinie des Stammes ganz trennten, andere seien an den Mittellinien hängen geblieben, zwischen beiden aber abgerissen worden (II. Dorsalnerv), andere an der Grenze gelegene seien zwar in der Vollendung des Bogens um den Rumpf nicht verkürzt, jedoch am Rande von der sie im Austreten berührenden Extremität nachgezogen worden. Bei alle Dem hätten sie zufolge dieser bildlichen Darstellung ihre ursprüngliche relative Lage sowohl unter sich selbst, als auch gegen den Rumpf beibehalten, so dass sie stets eine mehr oder weniger senkrechte Richtung gegen die Längenaxe des Rumpfes einhalten und auch der ursprüngliche bogenförmige Verlauf bei mehreren noch deutlich zu erkennen bleibt.

Was die einzelnen Bezirke der Hautnerven an der oberen Extremität des Hundes anlangt, so bildet der des V. Cervicalnerven ein rings um die unterste Halsgegend verlaufendes Band, welches die Schulterblattgräte und den obersten Theil des Oberarmgelenkes in sich fasst. Er grenzt nach unten an der vorderen und hinteren Mittellinie des Rumpfes unmittelbar an den Bezirk des zweiten Dorsalnerven. Zwischen beiden schalten sich die Bezirke des VI. VII. VIII. Cervical- und I. Dorsalnerven ein. Der Bezirk des VI. Cervicalnerven liegt bei der oben angegebenen Stellung zu oberst an der Streckseite des Schulter-

gelenkes, und verlängert sieh spitz zum Ellenbogengelenk. Diese Spitze umgreift gabelförmig der Bezirk des VII. Cerviealnerven an der inneren und äusseren Seite des Oberarms und verlängert sieh an der Radialseite des letzteren naeh der ersten Zehe. Unter ihm an der Rückseite des Vorderarmes über den Rücken der Hand und einige Zehen verbreitet sieh der Bezirk des VIII. Cerviealnerven. Der I. Dorsalnerv versieht die in der angegebenen Stellung untere d. h. die ulnare Fläche des Vorderarms, die Volarfläehe der Hand und der übrigen Zehen. Der Bezirk des II. Brustnerven läuft von den Dornfortsätzen aus über den Rücken auf die äussere Seite des unteren Absehnittes des Oberarmes bis zum Ellenbogengelenk. Das Endstück vom Bezirke des vorderen Astes liegt als ein isolirter Fleek an der vorderen Mittellinie des Rumpfes. Der III. Dorsalnerv versieht die an den bogenförmig um den Rumpf laufenden Theil seines Bezirks grenzende untere Fläehe des Oberarms. Die Bezirke der übrigen Dorsalnerven verhalten sieh naeh der allgemeinen Norm.

Ludwig [1]) hat dureh ein paar ausgezeichnete Abbildungen die Angaben von Türek erläutert. Dureh dieselben werden die eigenthümlichen Verbreitungsbezirke viel besser veranschaulicht, als es dureh die ausführliehsten Beschreibungen geschehen könnte. Darin sind aueh die nach Türek von mehreren Nerven gemeinsam versorgten Hautstellen genau umgrenzt. Leider hat Letzterer mit Ausnahme seiner vorläufigen, vor neun Jahren ersehienenen Mittheilung nichts mehr über den Gegenstand veröffentlieht; es sehien jedoeh, dass zu den letztgenannten Hautstellen vorwiegend die letzten Absehnitte der Extremitäten (Unterarm, Hand, Unterschenkel, Fuss) gehören, woselbst es keine Stelle zu geben seheint, die nur von einer Wurzel her empfindlieh wäre.

Seit Türck's Untersuchungen ist dann der Gegenstand ruhen gebheben. —

[1]) Handbuch der Physiologie. 2. Aufl. Bd. I. 1858. S. 155. Fig. 30. 31.

Anatomisches.

Man sieht aus der vorhergehenden historischen Uebersicht, wie unvollkommen die gestellten Fragen im Jahre 1856 beantwortet werden konnten. Es kam darauf an, angeben zu können, von welchem Cervicalnerv aus, wenn man von deren hinteren Aesten ganz absieht, z. B. irgend ein Muskel oder irgend eine bestimmte Hautstelle der oberen Extremität des Menschen innervirt werde, allgemeiner gesprochen: welches die wahren Verbreitungsbezirke einer jeden in den Plexus brachialis eintretenden Nervenwurzel seien. Offenbar ist die Beantwortung dieser Fragen unumgänglich nothwendig, wenn die systematische Neurologie etwas Anderes werden soll, als ein unverstandenes und desshalb so schwer zu übersehendes Haufwerk von besonders benannten Nervenbahnen, in denen Fasern von unbekanntem Ursprunge und unbekannter Bedeutung verlaufen. Nur nach Beantwortung jener Fragen kann man daran denken, es aufklären zu wollen, wesshalb die einzelnen Nervenstämme gerade die bestimmte Ursprungs- und Vertheilungsweise haben, die ihnen nun einmal zukommt. Dass die anatomischen Hand- und Lehrbücher hierüber nirgends Aufschluss zu geben versuchen, ist bekannt genug. Zog man die Untersuchungen von Kronenberg oder das Handbuch der Physiologie von Joh. Müller zu Rathe, so erhielt man auf die oben gestellte Frage, woher ein beliebiger Muskel z. B. der oberen Extremität seine Nervenfasern beziehe zur Antwort: wahrscheinlich aus allen Nervenwurzeln, die in den Plexus brachialis eintreten. Nach Peyer liess sich wenigstens für das Kaninchen angeben, aus welchen zwei resp. drei in dem Plexus brachialis eintretenden Wurzeln ein bestimmter Muskel oder eine bestimmte Hautstelle ihre Nerven beziehen müsse. Seit Türck's Untersuchungen wurde es wahrscheinlich, dass mindestens beim Hunde manche Hautstellen nur von einer Nervenwurzel aus innervirt werden, während Peyer für dieselbe Stelle die Quelle ihrer Nerven in zwei oder mehreren Wurzeln suchen zu müssen geglaubt hatte. Aber auf den Menschen konnten die erhaltenen Resultate um so weniger Anwendung finden, als es zweifelhaft blieb, ob die Differenzen in den Ergebnissen von Peyer und Türck aus Verschiedenheiten des anatomischen Baues verschiedener Säugethier-Ordnungen, oder aus der bessern Untersuchungsmethode des letztgenannten Forschers abzuleiten seien, da ausser jenen Beiden weder Kronenberg noch sonst Jemand die Verbreitungsbezirke der sensiblen Hautnerven untersucht hatte.

Seit 1856 hat sich nun in theoretischer Beziehung die Sachlage wesentlich geändert. So lange man annahm, dass die Nervenfasern in den Muskeln und in der Haut entweder mit Schlingen oder sonst auf eine gänzlich unbekannte Art endigten, war es möglicherweise thunlich, sich vorzustellen, dass aus verschiedenen Wurzeln stammende Fasern in mannigfaltigen, auch individuellen Modificationen unterworfenen Variationen durcheinander geflochten

seien, um bald diese, bald jene Muskel- oder Hautgebiete zu innerviren. Auch nahmen die Pathologen wenig Anstoss daran, wenn sie seltene circumscripte Lähmungen oder Anästhesien nicht mit der aus der Anatomie bekannten Vertheilungsweise der Nervenstämme in Uebereinstimmung bringen konnten, weil die Ursache, welche die Leitung unterbrach, nicht an einem peripherischen Nervenstamm, sondern oberhalb der Plexus, namentlich im Rückenmarke selbst ihren Sitz hatte. Seit jener Zeit hat man zuverlässige Kenntniss von den Endigungen der sensiblen und motorischen Fasern der Rückenmarksnerven erlangt. Was die ersteren betrifft, so wissen wir, dass sie — abgesehen von den Haaren — mit terminalen Körperchen (Vater'sche Körperchen, Tastkörperchen, Endkolben) aufhören [1]). Die Muskelnerven endigen mit motorischen Endplatten. Jede quergestreifte Muskelfaser erhält nur Eine [2]) Endplatte ungefähr in der Mitte ihrer Länge. Diese Länge übersteigt aber selbst in den längsten Extremitätenmuskeln nicht viel die Ausdehnung von 2—4 Cm. Die Muskelfasern sind etwa zolllange, spindelförmige, oder doch an beiden Enden abgerundete resp. zugespitzte Elemente. Diese Thatsache, welche bisher [3]) für den Spannmuskel der Unterschenkelfascie bei der Katze und den Sartorius des Menschen nachgewiesen war, gilt auch für die Muskeln der oberen Extremität des Menschen. Dieses ergiebt sich aus einer im Winter 1864—1865 unter meiner Leitung von Herrn Nicol aus Hildesheim angestellten, speciell hierauf gerichteten Untersuchung. Es scheint, dass in verschiedenen Muskeln die einzelnen Fasern ziemlich verschiedene absolute Längen haben können, jedenfalls aber sind sie — von ganz kleinen Muskeln abgesehen — immer sehr viel kürzer als die Muskeln selbst. Und bis jetzt wenigstens hat sich nicht herausgestellt, dass einzelne längere Muskeln im Durchschnitt längere Fasern besässen, als andere Muskeln, trotz der verschiedenen Länge mancher einzelner quergestreifter Fasern. Gelegentlich mag hier bemerkt werden, dass dieses Verhältniss nicht geeignet zu sein scheint, die mechanische Leistungsfähigkeit der Muskeln herabzusetzen. Die sämmtlichen spindelförmig endigenden, quergestreiften Muskelfasern sind an ihren Enden von Sarcolem allseitig umschlossen. Mag das Ende an einem Sehnenansatze gelegen sein, oder im Innern des Muskels selbst, wo dann dieselben Verhältnisse wiederkehren, wie sie im glatten Muskelgewebe constant sind, stets wird das erstere von einigen Bindegewebsfasern umfasst, welche eben so gut geeignet sind mechanischen Zug fortzupflanzen, ob sie nun einer darstellbaren Sehne angehören, oder bisher dem sogenannten interstitiellen Bindegewebe der Muskeln zugerechnet worden sind.

Beiden Endigungsweisen, nämlich denen von sensiblen, wie von motorischen Nervenfasern ist es gemeinsam, dass die letzteren mit ziemlich vielen, aber fest bestimmten Punkten an der Peripherie in Verbindung treten. Mag die Nervenfaser aus einer hinteren oder vorderen Rückenmarksnervenwurzel hervorgegangen sein, stets ist sie mit zahlreichen, successiv sich wiederholenden peripherischen Endtheilungen versehen. Die einzelne Nervenfaser der Plexus steht also entweder mit mehreren terminalen Körperchen, oder mit mehreren quergestreiften Muskelfasern, mit letzteren durch je eine motorische Endplatte in Verbindung. Beispielsweise wird es erlaubt sein, um irgend eine Vorstellung zu geben, die Zahl der

---

[1]) W. Krause, Anatomische Untersuchungen. Hannover 1861. S. 8—37.

[2]) W. Krause, Zeitschr. f. ration. Medicin. Bd. XVIII. S. 150. Bd. XX. S. 4.

[3]) W. Krause, Zeitschr. f. rat. Medicin. 1863. Bd. XX. S. 3.

terminalen Körperchen[1]) wie der motorischen Endplatten[2]) auf je 10 für eine Nervenfaser der Stämme anzusetzen.

Man kann hiernach elementare Nervenprovinzen unterscheiden, welche sowohl den sensiblen wie den motorischen Primitivfasern zukommen. Aus vielen einzelnen von solchen kleinsten Nervenprovinzen setzt sich sowohl jeder anatomisch benannte Muskel, als jeder Verbreitungsbezirk eines sensiblen Hautnerven zusammen. Handelt es sich um den anatomischen Bau z. B. einer Extremität, so kommt es darauf an, die gegenseitige Lage der elementaren Nervenprovinzen anzugeben, deren zugehörige Stammfibrillen aus einem gegebenen Foramen intervertebrale austreten. Die Aufgabe, welche für die einzelnen Nervenprimitivfasern nicht lösbar sein würde, kann offenbar mit demselben praktischen Nutzen auch für Bündel oder Stränge von solchen in Angriff genommen werden.

An und für sich erschien es gleichgültig, ob die Untersuchung an der oberen oder unteren Extremität begonnen wurde. Zwei Umstände waren es jedoch, welche die Wagschale zu Gunsten der oberen Extremität sinken machten. Insoweit es sich um anatomische Präparation handelte, sprachen Bequemlichkeitsrücksichten für die Wahl der Extremität von geringerer relativer Länge. In experimenteller Hinsicht aber — und das war wichtiger — ist der Plexus brachialis überall viel leichter zugänglich, als der Plexus lumbaris und ischiadicus.

Die Untersuchung begann daher mit eigenen Untersuchungen über die systematische Neurologie des menschlichen Arms. Anfangs war es nur die Absicht von den Nerven desselben ein mustergültiges Präparat auszuarbeiten, um es für mannigfache Vergleichungen zur Hand zu haben. Bald wurde jedoch die Aufmerksamkeit auf einen besonderen Ast des N. radialis gelenkt, und derselbe bei einer grossen Anzahl von Individuen untersucht. Zugleich wurden die Vater'schen Körperchen an den Aesten der Nn. digitales mit dem Messer dargestellt, und die erhaltenen Resultate in einem vorläufigen Artikel[3]) mitgetheilt, der hier wiedergegeben ist.

Unter den Aesten für den M. triceps, welche der N. radialis abgiebt, ist einer durch seinen Verlauf auffallend. Ein dünner Faden trennt sich nämlich als erster oder zweiter Ast vom N. radialis an der inneren Seite des Oberarms im Niveau des unteren Randes der Sehne des M. latissimus dorsi. Dieser Ast steigt, anfangs nach hinten und aussen vom N. ulnaris gelegen, senkrecht herab, wendet sich an die hintere Seite des N. ulnaris und gelangt, während er mit dem N. ulnaris durch eine gemeinschaftliche Scheide eingeschlossen ist, hinter das Ligamentum intermusculare externum. Mit der A. collateralis ulnaris superior in sehr schräger Richtung sich kreuzend, indem die Arterie anfangs hinter, weiter abwärts aber zwischen dem Radialis-Ast und dem N. ulnaris zu liegen kommt, verästelt sich derselbe gemeinschaftlich mit der genannten Arterie im unteren Theile des Caput internum M. tricipitis und kann desshalb als Ramus collateralis ulnaris Nervi radialis bezeichnet werden. (S. Taf. I., Fig. 1.) Dieser Theil des Muskels umfasst die untersten Bündel des Tricepskopfes, deren Sehnenfasern am innern Rande des Oberarms vorbeilaufen und sich am innern Rande der Ulna unmittelbar oberhalb des M. anconaeus quartus inseriren.

[1]) W. Krause, Die terminalen Körperchen. Hannover 1860. S. 249.

[2]) W. Krause, Zeitschrift f. ration. Med. 1863. Bd. XVIII. S. 151.

[3]) W. Krause, Beiträge zur systematischen Neurologie des menschlichen Armes. Archiv für Anatomie und Physiologie von Reichert und Du-Bois-Reymond. 1864. S. 349. Taf. VIII.

Mitunter werden die am meisten abwärts gelegenen Muskelbündel in einer kleinen Strecke nicht mehr von dem Nerven versorgt. Sämmtliche Fasern des Nerven verästeln sich im Muskel und es gelangen keine derselben zur Kapsel des Ellenbogengelenks. Der Ramus collateralis ist constant; wenigstens habe ich denselben niemals vermisst[1]). Der eigenthümliche Verlauf des beschriebenen Nerven erklärt eine Menge von theilweise unrichtigen oder doch unvollständigen Angaben älterer und neuerer anatomischer Schriftsteller. Derselbe ist gehalten worden: für einen Verbindungsfaden des N. radialis zum N. ulnaris; für einen Ast des N. ulnaris; in neuerer Zeit meistens für einen Ast des N. radialis zur Kapsel des Ellenbogengelenks.

Vesalius[2]) hatte richtig angegeben: Quintus (N. ulnaris) autem — per axillam in brachium fertur, nullas omnino soboles cuiquam brachii parti distribuens. Nam indivisus etc.

Recht gut abgebildet ist der Ramus collateralis zum ersten Male bei Berettinus und Petrioli[3]). Nach Boerhaave's[4]) Meinung rühren die Nerventafeln dieses Werkes ursprünglich von Veslingius her.

A. Monro[5]) (pater): N. ulnaris — nervos dat musculis extensoribus cubiti.

Schaarschmidt[6]): N. ulnaris descendit in latere interno humeri juxta musculum anconaeum magnum atque in hoc itinere vicinis musculis — multos largitur ramulos —.

Tissot[7]): Ce nerf (N. ulnaris) — dans tout son trajet il donne quelques filets aux muscles qui l'entourent.

Haase[8]): N. cubitalis — a latere interno brachii descendit, missis duobus longis, sed tenuibus ramis ad tricipitem brachii et cutim.

Klint[9]): N. cubitalis — assumit ex nervo radiali constantem et satis insignem ramum anastomoticum, quem in descriptionibus aliorum auctorum pariter frustra quaerimus, —. Hoc ramo anastomotico vel integro recepto, vel quoad maximam partem sibi associato, provenit ex nervo cubitali in ea circiter regione ubi radialis se circa cubitum flectere incipit, vel unice ex cubitali, vel assumpta radice parva ex ramo anastomotico radialis insignis ramus primis constans, quem subcutaneum ex cubitali ill. praeceptor (Wrisberg) appellat, inter cutem et ventres tricipitis ad olecranon — decurrit, et in iisdem finitur —.

G. Coopmans[10]): N. cubitalis — descendit inter caput longum Tricipitis et Brachialem internum, quibus musculis et cuti quasdam concedit fibrillas.

---

[1]) Dagegen fand sich in einem Falle bei einem 20jährigen Manne ein dünner Ast des N. ulnaris, der ebenfalls in der Scheide des letzteren verlaufend doch auf fast der ganzen Länge des Oberarms leicht aus derselben zu isoliren war. Derselbe verliess den N. ulnaris ungefähr 6 Cm. oberhalb des Condylus internus Oss. brachii, um sich über das Ligamentum intermusc. int. hinweg mit einem Hautast des N. cutaneus int. maj. zu vereinigen, wodurch eine nach der Ellenbogengrube hin convexe Schlinge entstand.

[2]) A. Vesalius, De humani corporis fabrica Libri VII. Basil. 1543. Fol. Lib. IV. S. 544.

[3]) Tabulae anatomicae a Petro Berettino delincatae et a Cajet. Petrioli notis illustratae. Romae 1741. Fol. Tab. XVIII. Fig. 1.

[4]) Methodus stud. med. Amstelod. 1751. 4. Tom. I. S. 522.

[5]) De nervis etc. tractatus, latine redd. G. Coopmans. Harlingae 1763. S. 170.

[6]) Tabul. anat. Moscov. 1767. Fol. Tab. XIV. S. 516.

[7]) Traité des nerfs etc. Paris 1778. Tome I. P. I. S. 113.

[8]) Cerebri nervorumque corporis humani anatome repetita. Lips. 1781. S. 99.

[9]) De nervis brachii. Gottingae 1784. S. Ludwig, script. neurol. min. Lips. 1793. Tom. III. S. 117. Tab. III. Nr. 12. 13.

[10]) Neurologia etc. Franequerae 1789.

Hildebrandt[1]): Der N. ulnaris, welcher durch einen Faden mit dem N. radialis Gemeinschaft hat —.

A. C. Bock[2]) lässt von dem zu dem Caput internum m. tricipitis sich verbreitenden Zweige des N. radialis einen langen Faden entstehen, welcher an der A. collateralis ulnaris superior und dem innern Zwischenmuskelbande herabgeht und in dem vordern und innern Theile des Kapselbandes des Ellenbogengelenkes endet.

Später hat A. C. Bock[3]) eine bessere Abbildung vom Verlauf des Nerven gegeben, wo derselbe dicht neben dem N. ulnaris gelagert ist. Die Endverbreitung ist jedoch aus der Tafel nicht zu entnehmen und die Tafelerklärung sagt nur: ein Ast des Speichennerven, der neben dem dreiköpfigen Armmuskel herabsteigt.

E. H. Weber[4]): Vor dem zu dem Anconaeus internus gehenden Zweige (des N. radialis) kommt, nach Bock, ein langer Faden, welcher neben der A. collateralis ulnaris zur Kapsel des Ellenbogengelenkes geht.

Cloquet[5]): Le nerf cubital descend presque verticalement — le long du bord interne du muscle triceps-brachial —.— il donne quelques filets longs et grêles, qui vont se rendre à la partie inférieure de ce muscle —.

Valentin[6]): Der N. radialis — sendet durch den zu dem inneren Kopfe des letzteren (M. triceps) verlaufenden Zweig einen Ast, welcher an der oberen Ellenbogenarterie und dem inneren Zwischenmuskelbande herabsteigt und in die Weichgebilde des vorderen und inneren Theiles des Ellenbogengelenkes eintritt.

Bourgery[7]) hat eine Abbildung des Ramus collateralis gegeben. Die Tafelerklärung lautet: Rameau (du nerf radial) de la portion interne du triceps, qui s'accole au nerf cubital.

Arnold[8]) beschreibt unter den Muskelästen des N. radialis am Oberarm einen Faden, der mit der A. collateralis ulnaris superior bis zum Ellenbogen hinabläuft und sich in die Kapsel dieses Gelenks vertheilt.

Sappey[9]): Branches collatérales du radial. 1°. Un rameau cutané interne, qui traverse l'aponévrose brachiale à sa partie supérieure, devient sous-cutané, et se divise en plusieurs filets destinés à la partie postérieure et interne de la peau du bras. L'un de ces filets peut être suivi jusqu' à l'articulation du coude. — 3°. Un rameau au vaste externe. — L'un de ses filets appliqué à la cloison intermusculaire interne, très près du cubital, se porte presque verticalement en bas, pour se distribuer à la partie inférieure du muscle.

H. Meyer[10]) fand, dass an die hintere Seite des Ellenbogengelenks ein Zweig des N. ulnaris mit der A. collateralis ulnaris prima verlaufend sich begiebt.

---

[1]) Lehrb. der Anat. Braunschweig 1792. Bd. IV. S. 460.

[2]) Die Rückenmarksnerven etc. Leipzig 1827. S. 64. Taf. I. Fig. 2. Nr. 39.

[3]) Chirurgisch-anat. Tafeln. Leipzig 1833. Taf. XI. Fig. 2. Nr. 16.

[4]) Hildebrandt's Anatomie. 1831. Bd. III. S. 499.

[5]) Traité d'anat. descript. 2de édit. Paris 1836. T. II. S. 171.

[6]) Nervenlehre. Leipzig 1841. S. 575.

[7]) Bourgery et Jacob, Traité complet de l'anatomie de l'homme. Tome III. Névrologie. Paris 1844. S. 263. Pl. 59. Fig. 1. Nr. 14.

[8]) Handb. der Anat. d. Menschen. 1851. Bd. II. 2. Abth. S. 798.

[9]) Traité d'anat. descript. Paris 1852. T. II. S. 350.

[10]) Vierteljahrsschrift d. naturforschenden Gesellschaft in Zürich. 1857. S. 75. Virchow's Archiv. Bd. XII. 1857. S. 124.

Rüdinger[1]) citirt die angeführte Stelle Arnold's bei Gelegenheit eines constant gefundenen Fadens von einem Muskelast im Caput externum trieipitis zur Kapsel des Ellenbogengelenkes. In vielen Fällen ertheilt auch der Zweig des N. radialis, der den inneren Kopf des M. trieeps versorgt, der Kapsel einen Faden.

Hyrtl[2]) giebt an, dass der Zweig des N. radialis, welcher dem kurzen Kopfe des Trieeps zugehört, einen Ast im Gebiete der A. collateralis ulnaris superior zur Kapsel des Ellenbogengelenkes herabsende.

Hollstein[3]) erwähnt, dass von dem Zweige des N. radialis für den inneren Kopf des Trieeps öfters ein Faden abwärts zur hintern Seite des Ellenbogengelenkes gehe.

Veslingius, Klint, Boek und Bourgery haben also den Nerven bereits abgebildet.

Monro, Schaarschmidt, Tissot, Haase, Klint, Coopmans, Cloquet lassen den N. ulnaris einen oder mehrere Aeste an das Caput internum trieipitis ertheilen.

Klint und Hildebrandt erwähnen die Verbindung des N. radialis mit dem N. ulnaris.

Boek, E. H. Weber, Valentin, Arnold, H. Meyer, Hyrtl, Hollstein beschreiben den Nerven als zur Kapsel des Ellenbogengelenkes gehend.

Rüdinger hält diesen Verlauf nicht für constant.

Nur Bourgery sowie Sappey haben die wesentlichen Verhältnisse des Nerven richtig erkannt, obgleich ihre Darstellung keineswegs eine klare zu nennen ist.

Dass auf die einmal gemachte Angabe von Boek hin so viele Anatomen den Nerven zur Ellenbogengelenkkapsel sich verbreiten liessen, kann nicht in Verwunderung setzen. Denn bisher war die Vorstellung herrschend, dass die Fasern der Muskeln annähernd so lang wären, als diese selbst, und dass ihre Nerven zwischen oberem und zweitem Drittheil der Länge der Muskeln in dieselben einträten. Da man jetzt weiss, dass die Muskelfasern eine Länge von 2—4 Cm. nicht übersehreiten, so folgt, dass gesonderte Partien von Fasern, die am Ende eines langen Muskels gelegen sind, wie z. B. die unteren schräg verlaufenden Bündel des Caput internum trieipitis nothwendig ihre eigenen Nervenfasern bekommen müssen, da jede Muskelfaser nur an einer Stelle, etwa in der Mitte ihrer Länge, mit der zugehörigen Nervenfaser in Verbindung tritt. Es kann also das Vorkommen eines besonderen Nervenzweiges für die genannten Muskelbündel nach dem Gesagten a priori vorausgesetzt werden.

Da der Ramus collateralis N. radialis ein seit langer Zeit und oft beschriebenes Beispiel eines sogenannten Gelenknerven darstellt, so wird eine Revision der übrigen Gelenknerven schon in dieser Hinsicht angerathen sein. Physiologisch interessant ist die Frage, wie die Gelenknerven endigen, wo solche vorkommen. Hier empfehlen sich die Nerven der Phalangal-Gelenke der Finger zur Untersuchung, weil keine Muskeln oder sonst in Frage kommenden Gebilde an denselben in Betracht zu ziehen sind. Es wurden diese Nerven zuerst von Henle-Kölliker[4]) beschrieben und abgebildet und hiernach ist es

[1]) Die Gelenknerven des menschlichen Körpers. Erlangen 1857. S. 12.

[2]) Lehrb. d. Anat. d. Menschen. Wien 1863. S. 843.

[3]) Lehrb. d. Anat. d. Menschen. Berlin 1860. S. 952.

[4]) Die Pacini'schen Körperchen. Zürich 1844. Taf. III. Fig. 1.

nicht unwahrscheinlich, dass die Gelenknerven überhaupt mit Vater'schen Körperchen aufhören, die in der Nachbarschaft der Gelenkkapseln gelegen sind. Schon früher war Cruveilhier[1]) eine besondere Beschaffenheit der Gelenknerven der obern Extremität aufgefallen, die Longet[2]) folgendermassen beschreibt: Les nerfs fournis par le plexus brachial aux articulations du membre thoracique, — dont nous avons indiqué les origines, présentent un aspect particulier que M. Cruveilhier a décrit le premier: ils sont grisâtres, renflés et comme noueux. Cette disposition est surtout appréciable pour les rameaux articulaires, qui naissent de la branche terminale profonde du nerf radial. — (S. 864.) Il se termine en envoyant des filets aux articulations radio-carpienne, carpiennes et carpo-métacarpiennes. Das knotige Ansehen dieser Zweige scheint ebenfalls auf die Anwesenheit von Vater'schen Körperchen an denselben hinzudeuten.

Seit Vater[3]) ist keine vollständige Abbildung der Vater'schen Körperchen der menschlichen Hand gegeben worden und desshalb mag es geeignet erscheinen, diese Lücke hier auszufüllen. (S. Taf. I., Fig. 2.) Um diese Körperchen mit dem Messer darzustellen, wird die genaue Kenntniss des eigenthümlichen Ansehens jener zierlichen Nerven-Endapparate mit unbewaffnetem Auge erfordert. Hat man sich diese erworben, so bietet die Arbeit keine besondere Schwierigkeit. Mit Hilfe der Scheere verfolgt man die feinsten Hautäste der Fingernerven und findet an denselben länglich-rundliche Knötchen ansitzen, die durch ihre grössere Härte und ihr festes Anhaften sich sehr auffallend von den Fettzellengruppen des Unterhautbindegewebes unterscheiden. Für den Anfang ist es rathsam, die Darstellung am frischen Objecte zu beginnen. Das eigenthümliche halbdurchscheinende Aussehen dieser Gebilde verliert sich durch die Einwirkung des Alkohols, sobald die Intercapsularflüssigkeit aus den Körperchen auf endosmotischem Wege ausgezogen wird. Leider geht damit die Schönheit der Präparate zugleich verloren. Legt man das Object in Liquor conservativus (60 Grm. Alaun, 120 Kochsalz, 0,6 Sublimat auf $2^1/_3$ Litre Wasser), so wird dadurch kein wesentlicher Vortheil vor wässrigem Alkohol von 0,91 spec. Gewicht erreicht. Natürlich muss man möglichst magere Hände auswählen und kann sich die Präparation anfangs noch dadurch erleichtern, dass man die Hand eines soeben verstorbenen Individuums 24 Stunden lang senkrecht herabhängen lässt, was bei Hospitalleichen keine Schwierigkeiten darbietet. Dann füllen sich unter Bildung von Todtenflecken die Capillaren der Haut und auch des Fettgewebes. Die Fettklümpchen erscheinen als röthliche Massen, von denen sich die mattweisen Körperchen um so besser abheben. Durch längere Alkohol-Einwirkung geht aber dieser Vortheil verloren und auch andere Conservationsflüssigkeiten, deren mehrere versucht wurden, haben mir kein besseres Resultat ergeben. Zweckmässig wird die letzte Reindarstellung unter Wasser oder Alkohol vorgenommen, während der Gebrauch der Loupe nur ausnahmsweise von Nutzen ist. In der gegebenen Abbildung sind ausschliesslich diejenigen Körperchen verzeichnet, welche mit Sicherheit als solche zu erkennen waren. Diejenigen, welche Zweifel erwecken konnten, wurden abgeschnitten und der mikroskopischen Untersuchung unterworfen, wodurch natürlich das Präparat an Reichhaltigkeit verlor, sowie

---

[1]) Traité d'anat. descript. Paris 1834 — 1836. S. 818.

[2]) Anatomie et physiologie du syst. nerveux de l'homme. Paris 1842. Tome I. S. 868.

[3]) Dissertatio de consensu partium corporis humani, exposito simul nervorum brachialium et cruralium coalitu peculiari atque papillarum nervearum in digitis dispositione, quam praeside D. Abrahamo Vatero h. t. Academiae rectore pro gradu Doctoris exponet J. G. Lehmannus. Vitembergae, Novbr. 1741.

bekanntlich überhaupt die gefundenen Zahlen für die Häufigkeit der Körperchen an verschiedenen Orten nur als Minima anzusehen sind. Herbst[1]) hat mit Hilfe des Mikroskops am Daumen 65, am Zeigefinger 95 gefunden und daraus die Anzahl für sämmtliche Fingernerven der Volarfläche auf 385 berechnet. Bei jener mikroskopischen Untersuchung stellte sich unter Anwendung von Essigsäure heraus, dass zwar in den meisten Fällen Vater'sche Körperchen mit Unrecht vom Präparate als zweifelhaft entfernt wurden, dass aber zuweilen eine Verwechslung mit Schweissdrüsen-Knäueln, die eine ähnliche Festigkeit haben, sich ereignet hatte, während Fettklümpchen niemals für Vater'sche Körperchen angesehen worden waren. Es ist hiernach anzunehmen, dass die auffallend grosse Anzahl (z. B. 200 am Daumen), welche Vater mit dem Messer dargestellt und abgebildet hat, einer Verwechslung mit den damals noch nicht bekannten Schweissdrüsen zuzuschreiben sein dürfte.

Es ist bekannt, dass an grösseren Arterien der Extremitäten Nervenstämmchen nachweisbar sind, welche dieselben begleiten; doch ist die Quelle der letztern nirgends aufgedeckt. Man weiss nur durch Ludwig und Thiry, dass sie beim Hunde vom Halsmark aus erregt werden können. Die Arteria subclavia, axillaris, brachialis wird auf ihrem ganzen Verlauf von sehr feinen Nervenstämmchen begleitet, welche sie in Form eines weitmaschigen Plexus, mit langgezogenen Maschen, umspinnen. Die Aestchen verlaufen in der Adventitia der Arterie und sind von verschiedener Herkunft. Die Hauptstämmchen schliessen sich an die A. subclavia an, und stammen aus dem Ganglion cervicale inferius. Die Aeste der A. subclavia sind ebenfalls von feinen Nervenzweigen begleitet[2]). Die A. axillaris erhält feine Zweige vom N. musculocutaneus und vom inneren Bündel des Plexus brachialis, d. h. aus der Schlinge, welche die Nn. cervic. VIII. und N. dors. I. mit einander bilden. Diese Ansa giebt einen starken Zweig zum äusseren Bündel des Plexus brachialis, welcher Zweig zum grössten Theil in den N. medianus übergeht; von demselben trennt sich ein dünnes Nervenstämmchen ab, welches längs der A. brachialis zu verfolgen ist. Ob die beschriebenen Gefässnervenzweige ganz constant sind, wurde durch meine bisherigen Untersuchungen nicht ermittelt. Um sie mit dem Messer darzustellen, wählt man entweder abgemagerte und zugleich wassersüchtige Leichen aus, oder man benutzt sehr abgemagerte Leichen und leitet vorher durch die betreffenden Arterien 24 Stunden lang einen constanten Strom destillirten Wassers von 20—30° C. Zweckmässig ist es, den Vorderarm im Ellenbogengelenk zu exarticuliren und die mit einem Caoutchouc-Rohr in Verbindung stehende Canüle in das untere Ende der A. brachialis einzusetzen. Wäre man zweifelhaft, ob ein recht dünner Ast wirklich ein Nerv ist, so kann man, wie bekannt, anstatt das Mikroskop anzuwenden, wobei das Präparat zerstört werden würde, die betreffende Stelle mit concentrirter oder etwas verdünnter Essigsäure betupfen, und nachher mit Wasser auswaschen. Dabei bleiben Nervenstämmchen blendend weiss, während Bindegewebsbündel, kleine Arterien etc. durchscheinend werden. Wie die betreffenden Gefässnerven endigen, ist nicht ausgemacht; sie führen neben zahlreichen blassen Nervenfasern einzelne dünne, doppeltcontourirte Fibrillen. Die letzteren endigen an der A. profunda femoris mit Vater'schen Körperchen, welche, wie früher[3]) angegeben wurde, zu zwei bis drei an der Zahl gerade an der Stelle liegen, wo die letztgenannte Arterie sich von der A. cruralis abzweigt.

[1]) Die Pacini'schen Körperchen etc. Göttingen 1848.

[2]) C. Krause, Handbuch der menschl. Anatomie. 1843. S. 1122.

[3]) W. Krause, Zeitschr. für ration. Medicin. 1863. Bd. XVIII. S. 152.

Die weitere Untersuchung ging nun zunächst von der Ueberlegung aus, ob es nicht möglich sei, die anatomische Präparation so zu verfeinern, dass man mit dem Messer die einzelnen Faserbündel von den Wurzeln des Plexus brachialis bis zu ihren peripherischen Enden verfolgen könne. Hierzu wurde aus den oben angeführten Gründen die obere Extremität des Menschen gewählt, und die Anwendung chemischer Methoden versucht. Auf diesem Wege ergab sich ein unerwarteter Aufschluss, wie eigentlich die sogenannten Nervenstämme beschaffen sind. Die Nn. medianus, ulnaris, radialis etc. wurden in ihre constituirenden Faserbündel zerlegt und nachgewiesen, dass sie selbst richtiger Plexus genannt zu werden verdienen. Die complicirte Structur des N. medianus geht aus Taf. III. so deutlich hervor, dass eine weitere Beschreibung unnöthig erscheint. Man kann sich von den mannigfaltigen Anastomosen, welche die irgend einen Nervenstamm zusammensetzenden, sehr feinen Faserbündel in ihrem Verlaufe mit einander eingehen, auf mehrfache Art überzeugen. Am einfachsten wurde folgendes Verfahren gefunden.

Man bereitet sich eine Mischung von 1 Th. reiner concentrirter (englischer) Schwefelsäure auf 3 Th. destillirtes Wasser. Dieselbe wird auf dem Wasserbade bis zu 90° erhitzt. Mit einem Glasstabe betupft man successive alle Stellen des zu präparirenden Nervenstammes, dessen interstitielles Bindegewebe dadurch augenblicklich in Leim verwandelt wird. Der Nerv verkürzt sich dabei, nimmt aber bei dem nun folgenden Auswaschen der Säure mit kaltem destillirten Wasser sofort seine ursprüngliche Länge wieder an. Mit Hülfe von feinen Messern, Scheeren und Pincetten entfernt man das gallertig aufgequollene Bindegewebe und isolirt die einzelnen Faserbündel, welche z. B. den N. medianus (eigentlich Plexus medianus) zusammensetzen. Dabei ist für möglichste Schärfe der benutzten Instrumente fortwährend Sorge zu tragen, was erwähnt werden mag, weil bekanntlich an verschiedenen Orten unter der Bezeichnung eines scharfen Messers nicht unbeträchtlich verschiedene Objecte verstanden werden. Auf diese Weise kann man die feinsten verbindenden Zweige der mit einander anastomosirenden Faserbündel mit Leichtigkeit und — was wichtiger ist — mit absoluter Sicherheit isoliren und ausarbeiten. Es ist nämlich wegen ihres verschiedenen chemischen Verhaltens nach der Schwefelsäure-Behandlung unmöglich geworden, die unverändert gebliebenen Nervenfaserbündel mit den zwischengelagerten Bindegewebszügen ihrer Scheiden zu verwechseln.

Ausdrücklich ist aber hervorzuheben, dass die Schwefelsäure-Methode nichts leistet, wenn man nicht an die sorgfältigste und reinlichste Präparation sich gewöhnt hat. Das chemische Hülfsmittel kann nicht ersetzen, was durch eine ungeschickte Messerführung zerrissen wird. Um ein brauchbares Präparat zu erhalten, ist mindestens eben so grosse Sorgfalt in der Ausarbeitung erforderlich, wie bei irgend einer andern Darstellung aus dem Gebiete der menschlichen Neurologie. Für die Nervenstämme neugeborner Kinder und kleinerer Thiere kann man eine etwas verdünntere Säure-Mischung verwenden.

Einen Aufschluss über die Fragen, auf welche es ankam — wo nämlich die Faserbündel der einzelnen Rückenmarksnervenwurzeln an der Peripherie endigen — zu gewähren, hat die Schwefelsäure-Methode nicht vermocht. Die Verhältnisse sind zu complicirt, wie ein Blick auf die Verflechtungen der auseinander gewirrten feinsten Bündel des N. medianus lehrt. Es versteht sich, dass die auf Taf. III. gegebene Abbildung nur einen speciellen Fall darstellt. Die Plexusbildung im N. medianus selbst hat stets einen ähnlichen Charakter, doch sind die einzelnen Anastomosen-Bildungen zahlreichen individuellen

Varietäten unterworfen. Dasselbe gilt, wie weiter ausgedehnte Untersuchungen lehrten, für die Nn. radialis und ulnaris.

Die durch den Plexus brachialis der anatomischen Forschung gestellte Aufgabe zu lösen, hat also die Schwefelsäure-Methode nicht vermocht. Ohne Zweifel kann sie aber in vielen andern Fällen nützlich werden, namentlich wenn man die Concentrationen der Säure und die Zeitdauer der Anwendung den Umständen nach variirt. Es ist so vielfach ein vergeblich gehegter Wunsch der Anatomen gewesen, zu erfahren, welchen Ursprung denn eigentlich irgend welche bestimmte Faserzüge, die sogenannten Aeste eines Nerven haben, z. B. die Chorda tympani. Für ähnliche relativ einfache Fragen verspricht die angegebene Methode sich nützlich verwerthen zu lassen.

Experimentelles.

Die Ergebnisse, zu welchen beim Plexus brachialis die experimentellen Untersuchungen von Kronenberg, Peyer, Türck geführt hatten, sind im historischen Abschnitt dieser Abhandlung angegeben. Wesshalb sie dem anatomischen Bedürfnisse nicht genügen, ist im Eingange des anatomischen Theiles näher ausgeführt. Es kam nun darauf an, wieder einen neuen Weg einzuschlagen, um mit zuverlässigeren Hülfsmitteln den Anforderungen der exacten Forschung Genüge zu leisten. Da die chemischen Methoden in Verbindung mit anatomischer Präparation sich zwar nützlich erwiesen, aber doch eigentlich nur dargethan hatten, wie complicirt die zu entwirrenden Nervenverflechtungen in Wahrheit angelegt seien, so sollte nun versucht werden, den Weg des physiologischen Experimentes mit mikroskopischen Untersuchungen zu verbinden.

Es lag nämlich nahe, die Nervendurchschneidung zu wählen, um in diesem Falle aus der aufgetretenen fettigen Degeneration bestimmter Faserbündel die Bahnen zu erschliessen, welche die in den Plexus brachialis eines Säugethieres eintretenden Nervenfasern in ihrem ferneren Verlaufe einhalten. Schon dreimal hatte diese Untersuchungsmethode Dienste geleistet, die durch kein anderes Hülfsmittel zu ersetzen gewesen wären. Die Nervendurchschneidung beim Affen[1]) resp. die nachfolgende, durch Hülfe des Mikroskops constatirte, fettige Degeneration bewies, dass die Querstreifen der Tastkörperchen nervöser Natur sind, was Meissner gegen Kölliker u. A. auf analogem Wege erschlossen hatte. Dieselbe Methode zeigte, dass die Terminalfasern der Vater'schen Körperchen beim Affen[2]) wie bei der Taube[3]) das wahre Nervenende darstellen, und nicht die Innenkolben, wie Leydig, Kölliker (für die Vögel) u. A. behauptet haben. In ganz ähnlicher Weise wurde bewiesen[4]), dass in den motorischen Endplatten der Muskelnerven die blassen Terminalfasern und nicht die feinkörnige Substanz der Platten nervöser Natur sind.

Daher erschien es gerathen, diese fehlerfreiere Methode zu wählen, um die Lücken auszufüllen und die Widersprüche aufzuklären, welche die Experimente der genannten drei Forscher über den Plexus brachialis noch immer gelassen hatten. Es genügte, die gemischte Wurzel eines jeden in den Plexus eintretenden Rückenmarksnerven zu durchschneiden, um mit Hülfe des Mikroskops später bestimmen zu können, welche peripherisch gelegenen sensiblen und motorischen Fasern fettig entartet sein würden.

Mit Hülfe dieser Methode sollte zunächst untersucht werden, von welchen Wurzeln die Haut der einzelnen Finger des Kaninchens versorgt würde. Zu dem Zwecke wurden die

[1]) W. Krause, Die terminalen Körperchen. Hannover 1860. S. 94.
[2]) Daselbst S. 27.
[3]) Daselbst S. 41.
[4]) W. Krause, Zeitschr. f. ration. Medicin. 1863. Bd. XXI. S. 78.

in den Plexus brachialis eintretenden Wurzeln des V. VI. Cervicalnerven und des I. Dorsalnerven unmittelbar durchschnitten. Der VIII. Cervicalnerv wurde jenseits seiner Vereinigung (Taf. II., Fig. 1. *) mit dem I. Dorsalnerven durchschnitten. Die Bezirke, welche von den aus dieser Vereinigung hervorgehenden Nervenstämmen versorgt werden, konnten durch directe Untersuchung festgestellt werden. Nachdem vorher constatirt worden war, welche Provinzen der Verbreitung des I. Dorsalnerven angehören, genügte es, die letzteren von der Gesammtsumme der von beiden Nerven versorgten Bezirke abzuziehen, um in dem übrigbleibenden Rest die Gebiete des VIII. Cervicalnerven getrennt zu erhalten. Diejenigen Bezirke, in welchen nach keiner der bisher angeführten Durchschneidungen fettig entartete Nervenfasern angetroffen wurden, mussten nothwendig dem VII. Cervicalnerven angehören. Natürlich wurden für die Untersuchung jeder Wurzel besondere Kaninchen bestimmt und die Experimente möglichst oft wiederholt, um Zufälligkeiten und etwaige individuelle Verschiedenheiten auszuschliessen. Im Ganzen wurden etwa 30 Kaninchen verwendet.

Ehe auf das specielle Verfahren näher eingegangen wird, muss hier hervorgehoben werden, wie dringend nothwendig es wäre, dass die systematische Anatomie des Kaninchens einen so gründlichen Bearbeiter fände, wie derjenigen des Frosches kürzlich zu Theil geworden ist. Nicht nur von Physiologen, auch von Anatomen, pathologischen Anatomen, Chirurgen etc. kann man häufig über diese Lücke in der Literatur klagen hören. Alle wollen am ruhigen Kaninchen operiren und Allen fehlen die erforderlichen Kenntnisse in der systematischen und topographischen Anatomie dieses Thieres. Manche haben sich die nothwendigsten Bruchstücke jener Kenntnisse durch eigene Anschauung erworben. Aber für die angehenden Forscher fehlt es an einem derartigen Lehrbuch und Jeder muss wieder ganz von vorn anfangen. Möchte doch irgend Jemand, der diese Zeilen liest, sich dadurch bewogen finden, die nicht ganz leichte Arbeit in Angriff zu nehmen. Es giebt kaum ein Thema, dessen Bearbeitung mit vielseitigerem Danke aufgenommen werden würde. Falls ältere Forscher diese Bemerkungen billigen, so finden sie sich vielleicht bewogen, den Gegenstand zu einer Preisaufgabe zu bestimmen. Für die Erstlingsarbeit eines Studirenden ist derselbe freilich im Allgemeinen zu schwierig. Was die obere Extremität betrifft, so hat Peyer für die Knochen, Bänder und Muskeln bereits schätzenswerthe Vorarbeiten geliefert. Die Fragmente einer systematischen und topographischen Anatomie der Gefässe und Nerven des Arms, welche ich selbst beobachtet habe, hier aufzuführen, liegt dem Plane dieser Monographie zu fern. Auch würde ohne eine Anzahl von Abbildungen keine praktisch brauchbare Darstellung geliefert werden können.

Die bezüglichen Operationsmethoden waren folgende:

Um den V. und VI. Cervicalnerven zu durchschneiden, wurde im Allgemeinen nach der Vorschrift von Peyer verfahren. Das Kaninchen wurde an drei Extremitäten mit Ausnahme der zu operirenden vorderen auf einem Brett in der Rückenlage befestigt. Ein Assistent drehte Kopf und Hals des Thieres nach der entgegengesetzten Seite, so dass die linke Gesichtshälfte auf dem Brett auflag, wenn rechterseits einer der genannten Nerven durchschnitten werden sollte. Zugleich zog derselbe Assistent, den Vorderarm des Kaninchens ergreifend, die ganze Extremität mit Schulterblatt und Clavicula etwas abwärts. Mit abwärts oder unten soll im Folgenden die Richtung nach dem Schwanzende des Kaninchens bezeichnet werden.

Nach diesen Vorbereitungen wurde in Gedanken eine Linie gezogen von der äusseren Ohr-Oeffnung nach dem hakenförmigen Fortsatz der Spina scapulae, welchen man leicht durchfühlen kann. In der Mitte dieser Linie wurde der Hautschnitt begonnen und in der bezeichneten Richtung eben so weit nach oben wie nach unten fortgesetzt, bis die Wunde 4 Cm. Länge hatte. Dann wurden der M. levator scapulae major und die Pars anterior des M. trapezius nach der Längsrichtung ihrer Fasern durchschnitten. Der erstere entspringt am Os basilare vor dem Foramen magnum und setzt sich an den hakenförmigen Fortsatz der Spina scapulae. Der letztere hat denselben Ansatz und entspringt von der Linea semicircularis Oss. occipitis und dem Lig. nuchae. Die Wunde wurde von einem zweiten Assistenten mit stumpfen Haken nach der Querrichtung auseinander gezogen. Man bemerkte dann den V. Cervicalnerv, wie er einen starken Ast nach vorn und unten zum Kopfarmmuskel absendet. Der letztere Muskel entspringt am Os basilare vor dem Foramen magnum. Er geht über in den M. deltoideus; die Grenze wird durch einen schwach sehnigen, schräg von oben und innen nach vorn und aussen verlaufenden Streifen bezeichnet. Ausserdem begiebt sich vom V. Cervicalnerv ein dünner Faden zum Plexus brachialis. (Taf. II., Fig. 1.) Derselbe steigt senkrecht vor dem M. scalenus herab, liegt vor dem sehnigen, glänzenden Ursprunge des letzteren von dem vorderen Querfortsatz des sechsten Halswirbels und verbindet sich mit dem VI. Cervicalnerven. Der M. scalenus entspringt von den Querfortsätzen des dritten bis siebenten Halswirbels und heftet sich an die Mittelstücke der zweiten bis fünften Rippe. Zuweilen kommt auch vom IV. Cervicalnerven ein noch dünnerer Faden (Taf. II., Fig. 1.), der sich mit dem beschriebenen Zweig des V. Cervicalnerven verbindet. Er liegt vor dem Ursprunge des M. scalenus von dem Querfortsatze des fünften Halswirbels. Diese Abnormität ist ohne physiologische Bedeutung. Wahrscheinlich liegen die Ursprungsstellen derjenigen Fasern, welche in jenem Zweige des IV. Cervicalnerven verlaufen, im Rückenmark gerade an der Grenze, wo Segmente des Rückenmarks zusammenstossen, die ihrer embryonalen Anlage nach dem vierten und fünften Halswirbel entsprechen. Es ist also gleichgültig, ob diese Fasern den Wirbelkanal durch das vierte oder durch das fünfte Intervertebralloch verlassen. Letzterer Fall ist der bei weitem häufigere.

Indem man die Processus transversi der Halswirbelkörper durchfühlt, so kann man sich in Bezug auf die Nervenwurzeln leicht orientiren. Was den V. Cervicalnerven betrifft, so genügte es, statt seiner Wurzel jenen dünnen Zweig derselben zu durchschneiden, welcher fast senkrecht zum Plexus brachialis herabsteigt. Wie bei allen solchen Nervendurchschneidungen ist es nothwendig, ein Stück von 2—3 Mm. Länge der durchschnittenen Nerven abzutragen, wodurch eine zu rasche Wiedervereinigung verhütet wird. Um die Thiere zu schonen, resecirt man natürlich die zu resecirenden Stückchen von dem peripherischen Theile des getrennten Nerven. Geschieht diese Abtragung nicht, so tritt Heilung der Nervenwunde ein, bevor die fettige Degeneration an den peripherischen Enden der durchschnittenen Nervenfasern Zeit gehabt hat aufzutreten. Der Hautschnitt wurde mit einem bauchigen Messer, der Muskelschnitt mit einer Scheere, die vorn abgerundete Branchen besass, geführt, der Nervenstamm selbst auf einer unter denselben geführten Hohlsonde mit einer kleinen, spitzen Scheere durchschnitten. Das peripherische Ende wurde mit einer Pincette gefasst und ein Stück desselben ebenfalls mit der Scheere resecirt. Spritzende Muskelarterien zu unterbinden, war nur sehr selten nothwendig. Die hier angeführten, an sich unbedeutenden Details mögen späteren Experimentatoren von Nutzen sein.

Ganz in derselben Weise wurde der VI. Cervicalnerv nahe seinem Austritt aus dem Intervertebralloch abgetragen. Man findet ihn etwas weiter abwärts. Sein Stamm, der in den Plexus brachialis übergeht, verläuft weniger senkrecht absteigend, als der beschriebene Faden des V. Cervicalnerven.

Dieselbe Operationsmethode konnte nicht benutzt werden, um den VIII. Cervicalnerven und den I. Dorsalnerven zu durchschneiden. Denn es kam darauf an, die Kaninchen beliebig lange nach der Operation am Leben zu erhalten, damit die fettige Degeneration der durchschnittenen Nervenfasern sicher nachweisbar werde. Namentlich mussten die aus tödtlicher Phlebitis und erschöpfenden Eiterungen herstammenden Gefahren vermieden werden. Hieraus resultirte die Nothwendigkeit, eine wesentliche Verfeinerung in der Technik der Operation bei deren Ausführung selbst eintreten zu lassen. Bei den Untersuchungen der früheren Forscher kam es gar nicht darauf an, was nach dem Experimente aus dem operirten Thiere wurde, wenn es nur während des Versuchs selbst nicht das Leben einbüsste. Ferner durften auch keine Störungen in den Circulations-Verhältnissen der ihrer Nerven theilweise beraubten Extremität veranlasst werden. Letztere hätten leicht entstehen können, wenn man genöthigt gewesen wäre, etwa verletzte grössere Arterien- oder Venenstämme zu unterbinden. Man musste daher mit Vermeidung der A. subclavia und ihrer Aeste operiren.

Zu diesem Zwecke wurde das betreffende Kaninchen in der Rückenlage an allen vier Extremitäten befestigt. Dann wurde ein 3 Cm. langer Hautschnitt in der Medianlinie vom oberen Rande des Sternum anfangend geführt. Die Mm. latissimus pectoris, welcher vom Manubrium sterni entspringt und an die Spina humeri sich inserirt, ferner pectoralis major und minor wurden von ihren Ansätzen am Sternum in entsprechender Ausdehnung getrennt. Auf diese Art wurde die Durchschneidung grösserer Muskelarterien ganz vermieden. Andernfalls würde sich die anzulegende, sehr tiefe Wunde mit schwer zu entfernenden Blutmassen gefüllt haben, ehe man durch Unterbindung Herr über die Blutung hätte werden können. Mit stumpfen Haken wurden die Ränder der Wunde auseinander und die abgelösten Muskelansätze auswärts gezogen. Mittelst einer Hohlsonde wurde das lockere Bindegewebe getrennt, welches zwischen dem Brusttheil des M. serratus und den Mm. intercostales externi sich befindet. Unmittelbar über der ersten Rippe liegt die horizontal nach aussen verlaufende V. subclavia. Diese und die A. subclavia wurden von einem Assistenten mit stumpfen Haken nach oben gezogen. Dahinter und darüber, d. h. mehr nach der Wirbelsäule und mehr nach dem Kopfe hin liegt der I. Dorsalnerv. Er verbindet sich am Rande der ersten Rippe mit dem schräg abwärts und auswärts laufenden VIII. Cervicalnerv. (Taf. II., Fig. 1.) Es wurde der I. Dorsalnerv unmittelbar vor der Vereinigungsstelle durchschnitten und in diesen Fällen von dem centralen Ende ein Stück von 2 Mm. Länge resecirt. Der VIII. Cervicalnerv wurde zusammen mit dem I. Dorsalnerv etwa 1 Mm. jenseits ihrer Vereinigungsstelle durchschnitten und vom peripherischen Theile der vereinigten Nervenstämme ein Stück abgetragen.

Für den Operateur ist es am bequemsten, den V. und VI. Cervicalnerven rechterseits, den VIII. Cervical- und I. Dorsalnerven linkerseits zu durchschneiden. Sind die Operationen gut ausgeführt, so darf bei beiden Arten derselben kaum ein Blutstropfen verloren gehen. Um Irrthümern gänzlich vorzubeugen und die einzelnen operirten Kaninchen nach Wochen mit Sicherheit aus einer grossen Anzahl herauszufinden, wurden in das Ohr derjenigen

Seite, an welcher experimentirt worden war, je nach der Nr. des Versuchs 1—4 Eisendrähte eingelegt. Die Hautwunden wurden dagegen durch gewöhnliche Knopfnähte geschlossen.

Der geeignetste Zeitpunkt, um die operirten Kaninchen zu tödten, und die fettig entarteten Nervenstämmchen zu untersuchen, ist das Ende der dritten Woche; doch kann man auch das Ende der zweiten oder vierten Woche mit gutem Erfolge wählen. Am Ende der dritten Woche sind die degenerirten Nervenstämmchen noch mit Leichtigkeit aufzufinden und am bequemsten von den normalen zu unterscheiden. Die fettige Degeneration ist dann am auffälligsten. Bevor die weitere Untersuchung begann, wurde zunächst der Plexus brachialis in seiner ganzen Ausdehnung präparirt, um zu constatiren, dass auch wirklich die gewünschte Nervenwurzel und nichts Anderes durchschnitten worden war. Zu dieser Zeit sind die beiden Enden des resecirten Nervenstammes gewöhnlich schon wieder durch eine dicke, knotige, gelbweise Anschwellung mit einander verbunden. Dieselbe besteht aus jungem Bindegewebe nebst Gefässen, in welches vom centralen Nervenende her die durchschnittenen und sich regenerirenden Nervenfasern hineinzuwachsen anfangen.

Die mikroskopische Untersuchung wurde zunächst an den Nn. digitales volares und dorsales und zwar mit 250—300facher Vergrösserung vorgenommen. Am besten setzt man kaustisches Natron in einer etwa 50procentigen Lösung zu. Die an fettig entarteten, doppeltcontourirten Nervenfasern auftretenden Veränderungen sind schon so oft beschrieben, dass es unnöthig erscheint, hier näher darauf einzugehen. Das Wesentliche besteht in dem Verlust der doppelten Contouren und dem Auftreten von reihenweise angeordneten, grösseren und kleineren Fetttröpfchen. Ein Blick auf die Abbildungen (Taf. II., Fig. 2. und 3.) wird genügen, um fettig entartete Fasern in dem Stadium, auf welches es hier ankommt, von normalen unterscheiden zu lassen. Die Axencylinder sind noch erhalten, was bei Essigsäure-Zusatz erkannt wird. Nach längerer Zeit werden die Nervenstämmchen völlig atrophisch, sie enthalten ausser den Axencylindern und den Neurilem-Scheiden nur noch wenige einzelne Fetttröpfchen, und können in diesem Zustande mit Bindegewebsbündeln verwechselt werden, falls man die Veränderungen nicht genau kennt. Die zu untersuchenden Nn. digitales findet man leicht, nachdem man Hautschnitte der Länge nach in der Mittellinie der einzelnen Finger geführt hat, an der Seite der Beuge- und Streck-Sehnen der Finger neben den Blutgefässen. Mit einer spitzen Scheere wurden Stückchen der Nervenstämmchen von 1—2 Mm. Länge abgetragen, um mikroskopisch untersucht zu werden. Ausserdem wurden auf senkrechten, mit dem Rasirmesser angefertigten Hautschnitten und nach Natronzusatz die mikroskopischen, im Unterhautbindegewebe sich verbreitenden, und auch die Haarbälge versorgenden Nervenstämmchen ebenfalls geprüft.

Auf diesem experimentellen Wege wurden constant folgende Resultate erhalten. Nach Durchschneidung des V. und VI. Cervicalnerven trat nirgends fettige Degeneration an den Fingernerven auf. Die Fasern der genannten Nervenwurzeln gelangen mithin gar nicht zu der Haut der Finger. Nach Durchschneidung des I. Dorsalnerven entarteten sämmtliche Nervenfibrillen in der Haut des fünften, sowie an der Ulnarseite des vierten Fingers. Mithin giebt der I. Dorsalnerv alle Nervenfasern ab, welche in der Bahn des N. ulnaris verlaufend, als Nn. digitales digiti quinti ulnares und radiales, sowie digiti quarti ulnares die entsprechenden Hautflächen der genannten Finger versorgen, und zwar sowohl an der Volar- als an der Dorsalseite. Wenn man den I. Dorsalnerven und den VIII. Cervicalnerven

nach ihrer Vereinigung (Taf. II., Fig. 1.) zusammen durchschneidet, so entarten alle Nn. digitales volares und dorsales. Folglich giebt der VIII. Cervicalnerv die Nn. digitales digiti primi, secundi, tertii und quarti radiales ab und zwar sowohl an der Volar- als an der Dorsalseite. Es stammen also sämmtliche Fingernerven, die von den Nn. medianus und radialis abgegeben werden, in letzter Instanz aus dem VIII. Cervicalnerven, während wie gesagt die betreffenden vom N. ulnaris abgehenden Fingernerven vom I. Dorsalnerven herkommen.

Dass diese mittelst der beschriebenen Methode erlangten Resultate als sicher anzusehen sind, geht schon aus der völligen Constanz der Versuchs-Ergebnisse hervor. Es lässt sich in der That kaum absehen, wie wesentliche Irrthümer entstehen sollten, falls man nicht etwa bei der mikroskopischen Untersuchung Ulnar- und Volar-Seite oder Dorsum und Vola verwechselt. Zunächst ist hervorzuheben, dass nirgends an den Fingern sensible Hautprovinzen von mehr als einer Nervenwurzel versorgt werden. Die Bezirke des I. Dorsalnerven und VIII. Cervicalnerven grenzen sich sowohl an der Dorsal- als an der Volarseite des vierten Fingers mit einer ganz scharfen, genau in der Mittellinie des Fingers verlaufenden Linie ab. Wie oben bemerkt, entarteten nach Durchschneidung des V. und VI. Cervicalnerven keine Nervenfibrillen, die in den Nn. digitales verlaufen. Dies kann man dadurch beweisen, dass man möglichst viele kleinste Nervenstämmchen des Unterhautbindegewebes mikroskopisch untersucht. Wollte man sich ausschliesslich an die dickeren Nn. digitales selbst halten, so wäre der Einwurf nicht zu beseitigen, dass in den letzteren Stämmen einzelne etwa entartete Nervenfasern unter der Menge der normalen doppeltcontourirten nicht mit Sicherheit herausgefunden werden könnten. Da nach der Durchschneidung des vereinigten I. Dorsalnerven und VIII. Cervicalnerven alle Nn. digitales entarteten, so konnte umgekehrt sehr leicht dargethan werden, dass an den Fingern unter diesen Umständen nirgends mehr normale Nervenfasern vorhanden waren. Denn einzelne doppeltcontourirte Nervenfasern können in kleineren oder dickeren Stämmchen von fettig entarteten Fibrillen wegen ihres Glanzes nach Natronzusatz mit grosser Leichtigkeit und Sicherheit aufgefunden werden, da die Degeneration der übrigen eine normale doppelteontourirte Nervenfaser zu einem sehr auffallenden Objecte macht. Aber in Wirklichkeit waren nicht nur alle Stämmchen an den Fingern entartet, sondern auch alle einzelnen Fibrillen derselben. Jedoch ist zu bemerken, dass man sich nicht täuschen lassen darf, wenn auf kurzen Strecken ihres Verlaufs einzelne doppeltcontourirte Fasern unverändert erhalten zu sein scheinen. Da die Degeneration nicht an allen Fasern gleichmässig und gleichzeitig erscheint, so kann eine solche Erscheinung auftreten, wenn die entarteten Nervenfasern noch nicht sehr atrophisch geworden sind. Verfolgt man indessen eine solche anscheinend vollständig normale oder nur wenig veränderte Nervenfaser weiter, so findet man sie unter dem Mikroskope nach der Peripherie oder nach dem Centrum hin in eine fettig degenerirte übergehen. Ueber sonstige Fehlerquellen bei diesen Experimenten muss noch Folgendes bemerkt werden. Lässt man die Kaninchen länger als vier Wochen leben, so werden die Nerven so atrophisch, dass man die kleinsten Stämmchen, welche aus 2—4 Nervenfasern bestehen, schwer verfolgen kann. Auch kann die Leitung sich wieder herstellen, falls das bei der Operation entfernte Stück der Nervenwurzel zu kurz war. Tödtet man die Thiere zu früh, oder sterben sie zufällig an den Folgen der Operation oder an Krankheiten, so kann man die erst spurenweise vorhandene Degeneration übersehen. Dieselbe tritt am

spätesten gerade an der äussersten Peripherie der sensiblen Nervenfasern auf, während es sich bei den motorischen bekanntlich [1]) umgekehrt verhält. Uebrigens kann man schon am 11ten Tage die Veränderung an den Fingernerven mit Sicherheit erkennen. Es braucht wohl kaum noch auf die ganz groben Fehler aufmerksam gemacht zu werden, die entstehen würden, wenn bei der Operation durch unvorsichtiges Verfahren benachbarte Nervenstämme des Plexus brachialis mit der Pincette oder auf ähnliche Weise gequetscht worden wären, wodurch Degenerationen beliebiger Faserzüge hervorgebracht werden müssten, die nicht der wie beabsichtigt durchschnittenen Nervenwurzel angehören.

Die gefundene Versorgungsweise der Finger des Kaninchens mit sensiblen Hautnerven steht nicht im Einklange mit den von Peyer hierüber gemachten Angaben. Diese können hier allein in Betracht kommen, da weder Kronenberg noch Türck über die Nervenvertheilung in den Hautflächen der Finger und Hand positive Mittheilungen gemacht haben. Peyer theilt dem VII. Cervicalnerv die Haut des Daumens und des zweiten Fingers, dem VIII. Cervicalnerv die Haut des fünften Fingers, sowie der Volar- und Seitenflächen des zweiten bis vierten Fingers, dem I. Dorsalnerv die Dorsal- und Volarflächen des dritten, vierten und fünften Fingers zu. Die Unrichtigkeit dieser Aufstellungen ergiebt sich aus dem vorhin Mitgetheilten und durch die grosse Zahl der mit Hülfe von Nervendurchschneidungen und nachfolgender fettiger Degeneration angestellten Versuche ist auch jede Möglichkeit ausgeschlossen, die abweichenden Ergebnisse Peyer's durch Annahme von individuellen Varietäten in der Nervenvertheilung erklären zu können. Es bleibt nur übrig, die Fehlerquellen in den von Peyer angestellten Experimenten aufzusuchen, woraus sich vielleicht erklären würde, wesshalb Türck, der doch wie Peyer in Ludwig's Laboratorium arbeitete, einer andern Untersuchungsmethode den Vorzug gegeben hat. Wie aus dem historischen Abschnitt erhellt, erschloss Peyer den Verbreitungsbezirk der sensiblen Hautnerven aus der Erzeugung von Reflexbewegungen, die mittelst Erregung bestimmter Hautstellen hervorgerufen wurden, während die Wurzeln des Plexus brachialis bis auf Eine gerade zu untersuchende durchschnitten worden waren. Türck dagegen beobachtete nicht die Reflexbewegungen selbst, sondern deren Ausbleiben nach Nervendurchschneidung. Man muss sich nun erinnern, falls man die Beobachtungen Peyer's discutiren will, dass seine Kaninchen narcotisirt waren. An solchen Thieren treten, wie die Beobachtung lehrt, öfters kleine Bewegungen der Extremitäten ohne nachweisbare Veranlassung auf. Noch häufiger ist dies der Fall in Folge mechanischer Erschütterung der Unterlagen, auf welchen das Thier ruht. Es kann ferner bei durch die Opium-Narcose zu Reflexbewegungen disponirten Thieren die unumgängliche Berührung der auf ihre Empfindlichkeit zu untersuchenden Hautstellen mittelst mechanischer Eingriffe, Scheerenschnitte etc. zu einer Fortpflanzung der dadurch bewirkten Erschütterung von Theilen, deren sensible Nerven durchschnitten sind, auf die benachbarten, in der That noch empfindenden Hautprovinzen, oder auf die Nervenstämme, welche die letzteren versorgen, Veranlassung geben. Aus diesen Gründen werden die Verbreitungsbezirke der sensiblen Rückenmarksnervenwurzeln alle zu gross und in einander übergreifend gefunden werden, und mit diesen beiden charakteristischen Fehlern sind in der That die betreffenden Versuchs-Ergebnisse von Peyer behaftet.

---

[1]) W. Krause, Zeitschr. f. ration. Med. 1863. Bd. XXI. S. 78.

Mittelst Nervendurchschneidung und nachfolgender fettiger Degeneration konnte der Verbreitungsbezirk des VII. Cervicalnerven nicht direct bestimmt werden, weil seine Resection ein zu bedeutender Eingriff ist, als dass man hätte erwarten können, die Thiere würden hinlänglich lange am Leben bleiben. Es ging zwar schon aus den nach Durchschneidung des VIII. Cervical- und I. Dorsalnerven beobachteten Veränderungen, die in fettiger Degeneration sämmtlicher Fasern der Fingernerven bestanden, mit Sicherheit hervor, dass in den letzteren keine dem VII. Cervicalnerven angehörigen Fasern enthalten sein konnten. Gleichwohl erschien es gegenüber den widersprechenden Resultaten von Peyer wünschenswerth, nicht blos auf indirectem Wege den fraglichen Beweis liefern zu können. Für diesen Zweck standen zwei Untersuchungsmethoden zu Gebote, bei denen es nicht erforderlich war, die betreffenden Thiere längere Zeit hindurch am Leben zu erhalten. Man konnte erstens den VII. Cervicalnerv durchschneiden und versuchen, ob unter diesen Umständen noch Reflexbewegungen mittelst Erregungen irgend welcher Fingernerven hervorgebracht werden konnten. War dies nicht der Fall, so musste die betreffende Nervenwurzel dort allerdings einen Verbreitungsbezirk haben, welcher derselben ausschliesslich angehörte. War es aber, wie vorauszusehen, in der That der Fall, weil der VIII. Cervicalnerv und I. Dorsalnerv die Auslösung von Reflexbewegungen vermittelt haben würden, so folgte aus einer derartigen, nach dem Grundplane von Türck angestellten Versuchsreihe in diesem speciellen Falle gar nichts. Denn es wäre immer noch möglich gewesen, dass der VII. Cervicalnerv wenigstens einzelne Fasern in die Haut der Finger entsendete, was auf diesem Wege nicht ausgeschlossen werden konnte.

Es wurde desshalb ein zweites Verfahren, ganz analog dem Peyer'schen, eingeschlagen. Einem Kaninchen wurden an derselben Vorder-Extremität nach den beiden oben mitgetheilten Operationsmethoden successive der IV. V. VI. VIII. Cervicalnerv und der I. Dorsalnerv durchschnitten, so dass von dem ganzen Plexus brachialis also nur der VII. Cervicalnerv intact blieb. Dann wurde das Thier durch Einspritzung einiger Tropfen Opiumtinctur in die V. jugularis narcotisirt, und zu Reflexbewegungen sehr geneigt gemacht. Die letzteren konnten überall am Rumpfe, sowie an den übrigen Extremitäten mittelst kleiner Scheerenschnitte in die Haut des betäubten Thieres hervorgerufen wurden. Dasselbe gelang auch an der operirten Vorderextremität von der Haut der äusseren und inneren Seite des Oberarms, der vorderen und inneren Seite des Vorderarms, sowie den übrigen von Peyer dem VII. Halsnerven zugetheilten Verbreitungsbezirken aus. Mit Ausnahme der Haut sämmtlicher Finger, von welcher aus bei keinem Kaninchen in Experimenten, die an verschiedenen Thieren wiederholt wurden, Reflexbewegungen erzeugt werden konnten, trotz der Lebhaftigkeit, mit der dieselben bei Erregungen anderweitiger sensibler Hautnerven auftraten. Auch vom Daumen und zweiten Finger aus, die Peyer als vom VII. Cervicalnerv versorgt angegeben hatte, konnten weder durch Scheerenschnitte, noch durch irgend eine andere mechanische, thermische oder chemische Erregung Reflexbewegungen erhalten werden. Es ergiebt sich aus dem Ausbleiben von Reflexbewegungen unter diesen Umständen mit Sicherheit, dass die Fasern des VII. Cervicalnerven nicht in der Haut der Finger endigen, sondern die letztern, wie es vorher schon constatirt war, ausschliesslich vom VIII. Cervicalnerv und I. Dorsalnerv versorgt werden.

In analogen Experimenten, bei denen der IV. V. VI. und VII. Cervicalnerv unverletzt gelassen, und nur der VIII. Cervicalnerv, sowie der I. Dorsalnerv durchschnitten waren,

konnten ebensowenig noch Reflexbewegungen durch Erregung der Haut an irgend welchen Stellen der Finger an der betreffenden Vorderextremität erhalten werden; vorausgesetzt, dass die Versuche mit der nöthigen Vorsicht angestellt wurden. Ob die erlangten Resultate unmittelbar auf den Menschen übertragen werden können, stand noch dahin. A priori war es gewiss wahrscheinlich, dass diejenigen Säuger, welche fünf Zehen an der oberen Extremität besitzen, und in deren Plexus brachialis die Wurzeln vom V. Cervical- bis I. Dorsalnerv eintreten, in Beziehung auf die Nervenvertheilung keine wesentlichen Verschiedenheiten zeigen würden. Es erschien jedoch erwünscht, wenigstens für ein Säugethier noch dieselben Verbreitungsbezirke nachweisen zu können, welche sich beim Kaninchen ergeben hatten.

Dazu bot sich am natürlichsten der Affe, für den mehrere Umstände sprachen. Einmal die nahe Verwandtschaft der Affen der alten Welt mit dem Menschen. Zweitens kann man diese Thiere sich überall leicht, wenn auch nicht überall zu billigem Preise verschaffen. Herrn Dr. Max Schmidt, Director des zoologischen Gartens in Frankfurt am Main, von dem so manche Mitglieder der Naturforscher-Versammlung zu Giessen eine angenehme Erinnerung bewahren, bin ich für seine ausserordentliche Liberalität zu grösstem Danke verpflichtet. Ich benutzte die als Macacus cynomolgus bezeichnete Art. Drittens kam für mich der besondere Umstand in Frage, dass mir die systematische Neurologie des Affenarms, sowie seine topographischen Verhältnisse von früheren Untersuchungen[1]) her bereits aus eigener Anschauung bekannt waren, so dass kein kostbares Material geopfert zu werden brauchte, um jene Anschauung zu erwerben.

Das experimentelle Verfahren war folgendes:

Der Affe wurde in der Rückenlage an allen vier Extremitäten befestigt, ein Hautschnitt von 3 Cm. Länge auf dem oberen Theile des Sternums in der Medianlinie gemacht, der linke M. pectoralis major von seinem Ursprunge am Sternum abgelöst, ebenso der M. pectoralis minor; die V. subclavia wurde mit einem stumpfen Haken etwas nach oben gezogen. Dann wurde eine Hohlsonde unter eine Ansa geführt, welche von der Vereinigung eines Astes des VI. und eines anderen des VII. Cervicalnerven gebildet wird, und am leichtesten unter allen Theilen des Plexus brachialis zugänglich ist. Ihre Form ist ganz ähnlich wie beim Menschen[2]). Von derselben wurde dann ein 2 Mm. langes Stück mit der Scheere abgetragen, und die Hautwunde durch Naht geschlossen. Dieses Verfahren wurde eingeschlagen, weil es wieder darauf ankam, das werthvolle Thier nicht in Folge der Operation frühzeitig zu verlieren, ehe noch fettige Degeneration der durchschnittenen Nervenfasern aufgetreten sein würde. Aus der beschriebenen Ansa entspringt ein grosser Theil der Fasern des N. medianus und musculocutaneus, und der erstere Nerv erhält nachweisbar nur auf diesem Wege Fasern vom VI. und VII. Cervicalnerv. Die Frage wurde mithin durch das Experiment folgendermassen gestellt. Wenn sich der VI. und VII. Halsnerv beim Affen an der Versorgung der Haut einzelner Finger betheiligten, was beim Kaninchen erwiesenermassen nicht der Fall war, so musste, nachdem jene Ansa resecirt war, fettige Degeneration in den vom N. medianus abgegebenen Nn. digitales volares eintreten. Von einer Betheiligung des V. Cervicalnerven konnte mit Grund abstrahirt werden,

[1]) W. Krause, die terminalen Körperchen etc. 1860. S. 94.

[2]) Kronenberg, plexuum nervorum structura et virtutes. Berol. 1836. Taf. I. Fig. 2. N. II.

da nicht anzunehmen war, dass dieser entferntere Nerv für die Haut der Finger in Frage kommen würde, wenn es bei den benachbarten Nervenstämmen nicht der Fall war.

Der Affe ertrug die Operation mit ihren Folgen vortrefflich, und es war bei diesem intelligenten und zutraulichen Thier in wachem Zustande mit grosser Leichtigkeit und Sicherheit zu constatiren, dass die Finger an allen Punkten ihre normale Empfindlichkeit besassen, während besonders das Hautgebiet des N. musculocutaneus am Vorderarm der operirten Extremität sich unempfindlich zeigte. Am Ende der zweiten Woche wurde der Affe [1]) getödtet; die Enden des resecirten Nervenstammes waren noch nicht wieder vereinigt. An sämmtlichen Fingern sowohl an der Dorsal- wie an der Volarseite wurden die Nn. digitales, ihre Aeste und die Querstreifen der Tastkörperchen unverändert gefunden. Entartet zeigten sich dagegen die Hautnervenstämmchen des N. musculocutaneus.

Es ist also sicher, dass die Nn. digitales volares des N. medianus bei Macacus nicht von dem VI. und VII. Cervicalnerven abgegeben werden, wie es nach der Analogie mit dem Kaninchen vorausgesagt werden konnte. Da die Neurologie des Affen der des Menschen sehr ähnlich ist, und die Quellen der Fasern für einen so bedeutenden Nerven, wie der N. medianus, sich beim Affen ebenso beschaffen herausstellten, wie beim Kaninchen, was Niemand für blos zufällig halten dürfte, so wird jetzt der Schluss aus der Analogie sich rechtfertigen: dass auch beim Menschen, wie beim Kaninchen und Affen, die Nervenfasern der Nn. digitales ausschliesslich im VIII. Cervicalnerven und I. Dorsalnerven ihren Ursprung haben. Und zwar versorgt ohne Zweifel der I. Dorsalnerv, wie oben erörtert, die vom N. ulnaris abgegebenen Nn. digitales, speciell die Haut des kleinen, sowie die Ulnarseite des vierten Fingers. Die vom N. medianus und radialis abgegebenen Nn. digitales volares resp. dorsales stammen dagegen aus dem VIII. Cervicalnerv. Der Weg, den bestimmte Fasern des letzteren nehmen, um in die Bahn des N. medianus zu gelangen, ist mit Hülfe der Schwefelsäure-Methode und anatomischer Präparation am Plexus brachialis des Menschen aufzufinden. Es zeigt sich zwar nicht ganz constant, doch recht häufig ein eigenthümliches, enges Geflecht von Faserbündeln, die aus dem VIII. Cervicalnerv zum N. medianus übertreten. Dasselbe kann wegen seiner Form passend als Pes anserinus Nervi mediani (Taf. III. p. a.) bezeichnet werden. In demselben verlaufen nach dem Gesagten die sensiblen Fasern, welche als Nn. digitales volares Nervi mediani die Volarflächen des ersten bis dritten Fingers und der Radialseite des vierten versorgen.

[1]) Wie aus dem Resultat einer neuen Mittheilung (Med. Centralblatt. 1864. Nr. 56) hervorgeht, hat J. Arnold, welcher früher die Endkolben der Conjunctiva mit dem Mikroskop nicht finden konnte, auch die Steissdrüse als ein besonderes Organ nicht zu erkennen vermocht. Daher ist vielleicht der Wink angebracht, dass diese Drüse beim Affen leichter zu präpariren ist, als beim Menschen. Der belangreiche Aufsatz Arnold's ist übrigens ohne Zweifel unter Herrschaft eines Vorurtheiles geschrieben, welches so phantastische und wenig naturtreue-Abbildungen, wie sie Luschka an mehreren Orten gegeben hat, nur zu leicht gegen sich hervorzurufen pflegen.

Bei Macacus cynomolgus ist also die Glandula coccygea ebenfalls vorhanden. Sie liegt nicht etwa am Ende des Schwanzes, sondern ganz ähnlich wie beim Menschen im Beckenausgange, und stellt ein spindelförmiges, hart anzufühlendes Organ dar, von 14 Mm. Länge, 2 Mm. Breite und 1½ Mm. Dicke. Dasselbe liegt in der Medianebene, unmittelbar vor dem Lig. longitudinale anterius des zweiten Schwanzwirbelkörpers; das obere Ende hängt mit einem Stiel zusammen, der Nervenstämmchen und Arterien enthält; die abgerundete untere Spitze findet sich in der Höhe des dritten Schwanzwirbels. Mikroskopisch untersucht zeigen sich grössere Schläuche, als beim Menschen; im Zwischengewebe der letzteren ist das glatte Muskelfasergewebe (W. Krause, Anatomische Untersuchungen. 1861. S. 98) deutlicher zu erkennen, und der Reichthum an doppeltcontourirten Nervenfasern ist beträchtlicher. Wie letztere endigen, war bisher nicht mit Sicherheit festzustellen.

Physiologisches.

In derselben Weise wie das Räthsel der Plexus seit so vielen Jahren die Anstrengungen der Forscher herausforderte, hat ein anderes ungelöstes Problem seit noch längerer Zeit die Bemühungen der scharfsinnigsten Denker auf sich gezogen. Die Lehre vom Ortssinn der Haut befindet sich zur Zeit in einer Lage, welche eine allgemeine Verständigung kaum für die entfernte Zukunft in Aussicht stellen dürfte. Diese scheinbar weit abliegende Frage hängt gleichwohl mit derjenigen nach den Plexusbildungen der Nerven auf's Innigste zusammen, wie weiter unten gezeigt werden soll.

Es war schon im Jahre 1829, als E. H. Weber die Entdeckung machte, dass zwei Eindrücke z. B. von zwei abgestumpften Cirkelspitzen auf der Haut nur dann von einander unterschieden, also deutlich als zwei Eindrücke empfunden werden, wenn ein bestimmter Zwischenraum zwischen denselben vorhanden ist. Das ist der Weber'sche Versuch, der seitdem die Grundlage für die ganze Theorie des Ortssinnes geworden ist.

Aus dieser Thatsache folgerte Weber, dass die Haut in zahlreiche kleine Empfindungskreise, von bestimmter, aber an verschiedenen Körperstellen verschiedener Grösse, von wahrscheinlich rundlicher oder länglicher Form getheilt sei; jede dieser Abtheilungen verdanke ihre Empfindlichkeit einer elementaren Nervenfaser. Damit zwei gleichzeitig auf die Haut gemachte Eindrücke örtlich als zwei in einem gewissen Abstand von einander liegende Eindrücke unterschieden werden können, schien Weber erforderlich zu sein, dass die Eindrücke nicht nur auf zwei verschiedene Empfindungskreise gemacht werden, sondern auch, dass zwischen diesen noch ein oder mehrere Empfindungskreise liegen, auf welche kein Eindruck gemacht wird.

Im Laufe der folgenden Decennien wurden eine Menge anderweitiger Erklärungsversuche mitgetheilt, in Betreff welcher es erlaubt sein mag auf eine früher gegebene ausführlichere historische Zusammenstellung [1]) zu verweisen und hier nur das Wesentlichste daraus hervorzuheben.

Den Werth der zwischen zwei gleichzeitig auf der Haut eben noch gesondert empfundenen Eindrücken liegenden Distanz setzte also Weber, wie später auch Funke gleich einer nach den Umständen wechselnden Summe von nicht erregten Nervenfasern, deren jede eine Anzahl von Endästen als einfaches Element repräsentirt.

Lotze und Meissner dagegen setzen jenen Werth gleich einer wechselnden Anzahl von schwächer und stärker erregten Nervenfasern, deren jede die Berührung ihrer verschiedenen Endäste isolirt zu leiten vermag.

---

[1]) W. Krause, die terminalen Körperchen etc. 1860. S. 192.

Czermak betrachtete denselben Werth als repräsentirt durch eine wechselnde Anzahl von erregten Nervenfasern, zwischen welchen eine wechselnde Anzahl nicht erregter eingeschaltet ist.

Kölliker setzte jenen Werth gleich einer sensiblen Rückenmarksnervenfaser, deren peripherisches Ende mit denen anderer Fasern interferirt.

Wundt endlich setzte jenen Werth gleich einer wechselnden Differenz der Anzahl von sensiblen Nervenfasern, die in gleich grossen, benachbarten Hautstellen enthalten sind.

Jeder, der eine von diesen Theorien aufzustellen unternommen hatte, war vorher genöthigt und auch in der Lage gewesen, die früheren Hypothesen als unhaltbar nachzuweisen. Nachdem dieses von verschiedenen Seiten geschehen war, genügte es[1]), auf einige Thatsachen der Beobachtung hinzudeuten, die niemals vorher berücksichtigt worden waren, und doch von entscheidender Bedeutung für die Lehre vom Ortssinn der Haut werden zu können versprachen.

Es war früher durch Lotze ein bestimmter Ausdruck in die Physiologie eingeführt worden, der in der That zu scharfen Begriffsbestimmungen unentbehrlich erscheint. Zwei benachbarte Nervenfasern der Haut können gleichzeitig oder nach einander sowohl analoge, als in ihrer Qualität sehr verschiedene Empfindungen veranlassen. Mögen aber die durch Erregungen der peripherischen Nervenenden erzeugten Empfindungen als Berührungsempfindungen, positiver oder negativer Druck, Wärme, Kälte, Kitzel oder sonstwie bezeichnet werden, so ist doch unter allen Umständen die Erregung der sensiblen Nervenfaser A. durch eine bestimmte qualitative Beschaffenheit der entstehenden Empfindung unterschieden von der gleichartigen Erregung der benachbarten Nervenfaser B. Diese verschiedene Qualität, vergleichbar einer eigenthümlichen Färbung der Erregung oder dem Timbre eines Tons, wurde bekanntlich von Lotze mit dem Namen eines Localzeichens der Nervenfasern bezeichnet.

Ging man nun bei der Widerlegung der oben erwähnten Theorien von der wohl allgemein acceptirten Annahme aus, dass jede sensible Nervenfaser ein Localzeichen haben muss, falls ihre Erregung zu einer Ortsempfindung führen soll, d. h. dass eine besondere Qualität der Erregung, die der Nervenfaser kraft ihres anatomischen Verlaufs allein nicht eigenthümlich ist, erst die Ortsempfindung veranlasst, so leuchtete es ein, dass dieses Localzeichen nicht in irgend welchen Verhältnissen der peripherischen Ausbreitung begründet sein kann, weil diese gesammte peripherische Ausbreitung von Geburt an fehlen darf, und doch eine eben so deutliche Vorstellung von der Lage und der Ausdehnung, mithin die Wahrnehmung sämmtlicher Orte, an dem fehlenden Körpertheile, wie an den vorhandenen im Bewusstsein permanent bleiben kann.

Dieses beweisen die Beobachtungen über die Integration von ganz oder theilweise fehlenden Extremitäten, nicht nur bei Amputirten, was zunächst nicht weiter in Betracht kommen würde, sondern bei missbildet Geborenen. In diesen Fällen kann weder von Entstehung der Localzeichen durch die Lage und den Bau der Haut (Lotze), noch durch gleichzeitige Erregung benachbarter sensibler Punkte (Meissner), noch durch Muskelgefühle (Funke u. A.), noch durch Erfahrung und unbewusste Schlüsse (Wundt) die

[1]) W. Krause, die terminalen Körperchen etc. 1860. Abschnitt: Gefühlssinn. S. 8. 234.

Rede sein, sondern einzig und allein centrale Einrichtungen (Kölliker) können dieses beobachtete Vorhandensein der Wahrnehmung geometrischer Verhältnisse erklären.

Was die Beobachtungen selbst betrifft, so waren damals die einzigen vorliegenden die von Valentin[1]). Derselbe beobachtete ein 19jähriges Mädchen, welches anstatt der linken Hand nur sehr kurze Metacarpalknochen und anstatt der Finger kleine, reihenförmig gestellte Warzen besass. Trotzdem hatte sie fortwährend die Empfindung einer ganz vollständigen Handfläche nebst fünf Fingern und obgleich die Zeugnisse des Gesichts- und Gefühlssinnes mittelst der normalen rechten Hand, sowie die Ueberlegungen des Verstandes auf's Entschiedenste dagegen sprachen, so waren hier die inneren, der Wirklichkeit nach unrichtigen, integrirenden Gefühle nie zu vernichten. Dasselbe fand Valentin[2]) später in drei ähnlichen Fällen, namentlich bei einem 40jährigen Manne; ferner beobachtete er in einem Falle von fehlendem Vorderarm die unabweisbare Vorstellung, dass die kürzere Extremität in derselben Vollkommenheit existire, wie die normale; ebenso in einem anderen Falle, wo die linke Hand unmittelbar der Schulter ansass und die subjective Längenangabe wenigstens der der Hälfte des normalen Arms gleichkam.

Die im frühen Lebensalter oder im Uterus durch die Nabelschnur Amputirten bieten dieselben Erscheinungen dar. Sogar nach 23jährigem Zeitraum nach der Amputation bleibt bei Erwachsenen[3]) die Integration. Hier war mithin durch keine noch so langdauernde Erfahrung die richtige Empfindung von der Form des amputirten Stumpfes erworben. Bemerkenswerth ist, dass in jenen Fällen vorzugsweise die Volarfläche der Hand und der Finger als vorhanden empfunden wird, viel unbestimmter das Vorhandensein des Arms oder Beins selbst. Hier lässt sich auch beobachten, dass entgegen von Umständen, die dem Bewusstsein die Vorstellung als eine völlig widersinnige erscheinen lassen, z. B. bei der Richtung des Stumpfes einer amputirten Extremität gegen eine ganz nahe Mauer dennoch allen sonstigen Erfahrungen und Sinneswahrnehmungen zum Trotz die Integration unverändert bleibt. Die Stellung der integrirten Extremität war bei Amputirten meistens eine unveränderliche; zuweilen wurde bei Kniecontracturen, welche die Amputation veranlasst hatten, die Extremität in der lange Zeit vorher bestandenen, gebeugten Stellung integrirt. Eine analoge Beobachtung wurde bereits früher[4]) mitgetheilt. Wegen einer traumatischen Angiectasie des linken Arms eines 45jährigen Mannes wurde aus chirurgischen Gründen die Amputation des Oberarms in senkrecht erhobener Stellung der Extremität ausgeführt. Während der Operation war der Kranke vollständig chloroformirt gewesen und der Stumpf wurde bereits, als die Arterien in der Wunde unterbunden wurden, in eine leicht vom Thorax abducirte Stellung gebracht. In einer ähnlichen Stellung, die niemals den Winkel von 90° erreichte, war derselbe während der ersten Nachbehandlungsperiode gelagert. Gleichwohl gab der Kranke am Abend des Operationstages mit Bestimmtheit und von selbst an, dass der amputirte Arm über seinem Kopfe zu schweben schiene, und klagte über das hiervon herrührende lästige Gefühl. Diese Erscheinung dauerte mehrere Tage hindurch fort, und verlor sich dann allmälig, indem von nun an der Arm in einer wie gewöhnlich am Rumpfe herabhängenden Stellung integrirt wurde.

---

[1]) Repertorium f. Anatomie und Physiologie. 1837. Bd. I. S. 328.
[2]) Lehrbuch der Physiologie. 1844. Bd. II. S. 606—609.
[3]) Joh. Müller, Lehrbuch der Physiologie. 1844. Bd. I. S. 600.
[4]) W. Krause, Archiv f. klinische Chirurgie. 1861. Bd. II. S. 144.

Offenbar würde es genügen, wenn auch nur ein einziger gut beobachteter Fall von Integration bei angeborener Missbildung vorläge, um daraus alle die Schlüsse abzuleiten, welche die oben erwähnten Theorien über die Ortsempfindung zu widerlegen geeignet sind. Abgesehen davon, dass die den Ansichten von Lotze, Meissner und Czermak mit zu Grunde liegende Hypothese von der gleichzeitigen Leitung mehrerer Eindrücke durch dieselbe Nervenfaser allen unsern sonstigen Kenntnissen von der Mechanik der Nervenfasern vollständig widersprechend ist, so muss es unbegreiflich erscheinen, wie eine Anzahl von sensiblen Punkten, noch mehr wie eine Anzahl von erregten Nervenfasern an sich ein Localzeichen darstellen solle, wenn die Erregung einer einzigen Nervenfaser dazu nicht ausreichend ist, welches letztere gerade die Theorie der Localzeichen voraussetzt.

Andererseits verlangen die Ansichten von Weber, Funke und Wundt ausdrücklich, dass durch gegenseitiges Betasten verschiedener Körperstellen aus der Erfahrung eine Vorstellung von den geometrischen Verhältnissen der Körperoberfläche, mithin ein Schema gebildet werde, in das bei zwei getrennt wahrgenommenen Eindrücken die erregten, sensiblen Punkte so eingetragen werden, dass die Wahrnehmung einer bestimmten Anzahl von dazwischen liegenden, unberührten Empfindungskreisen ein genügender Grund ist zur Entstehung von zwei getrennten Ortsempfindungen. Diese durch Erfahrung zu erlangende Vorstellung von der Lage der Extremitäten kann aber niemals erlangt werden, wenn letztere selbst fehlen, wie es bei angeborenen Missbildungen der Fall ist. Da hier, wie erwähnt, dennoch die deutlichste Integration stattfindet, so ist auch der Erfahrung und dem dieselbe vermittelnden Muskelgefühl kein Einfluss auf die Wahrnehmung von geometrischen Verhältnissen zuzugestehen.

Ist es sonach nicht gelungen, die Localzeichen und die damit zusammenhängenden Empfindungskreise durch ein System von Mitempfindungen vermittelt zu betrachten, so schien nichts Anderes übrig zu bleiben, als der Versuch, die Localzeichen durch ein System von Bewegungen zu erklären.

Aus der Analogie lässt sich hierfür anführen, dass die geometrischen Verhältnisse des Sehfeldes[1]) nach Lotze durch ein solches System von Bewegungen der Augenmuskeln wahrgenommen werden, dass ferner nach Meissner die stereometrischen Verhältnisse von dem einfachen Sehorgan durch Vermittelung von allen zwölf Augenmuskeln der Vorstellung übermittelt werden, dass ebenfalls nach Meissner die stereometrischen Verhältnisse auch

[1]) Auf die Localzeichen der Sehnervenfasern kann hier nicht weiter eingegangen werden. Die Versuche zu beweisen, dass es möglich sei, getrennte Gesichtseindrücke in geringeren Distanzen zu unterscheiden, als sie dem kleinsten Dickendurchmesser der Zapfen oder besser ihrer Aussenglieder in der Fovea centralis entsprechen würden, haben noch nicht zu allgemein anerkannten Resultaten geführt. Beiläufig mögen hier einige Gründe erwähnt werden, welche gegen die sehr verbreitete Annahme sprechen, dass die Stäbchen und Zapfen der Retina lichtempfindende Elemente sind. Aus den bekannten Untersuchungen Brücke's geht hervor, dass die Aussenglieder der Stäbchen katoptrische Wirkungen haben, und die Frage scheint nur die zu sein, ob diese unzweifelhaft vorhandene, reflectirende Eigenschaft für den Mechanismus der Lichtempfindung wesentlich ist, oder nicht. Bei Vögeln und Amphibien finden sich zwischen Innenglied und Aussenglied der Zapfen Oeltröpfchen — eine Unterbrechung, die mit der Hypothese von der nervösen Natur der Zapfen nicht wohl vereinbar ist, sondern auf eine rein optische Wirkung der letzteren hindeutet. Bei der Eidechse sind in den Farben jener Oeltröpfchen sämmtliche Hauptnüancen des Spectrum vertreten. Vielleicht weist dieser Umstand auf eine Bedeutung der Zapfen für die Farbenempfindungen hin. In rein anatomischer Hinsicht wird gewöhnlich übersehen, dass der angenommene Zusammenhang der Opticusfasern mit den Stäbchen und Zapfen bei Wirbelthieren niemals direct nachgewiesen ist; die wahre Endigung des N. opticus ist mithin noch aufzufinden.

von dem Tastorgan mittelst der Bewegungen desselben zur Vorstellung gebracht werden. Wenn also alle übrigen Raumanschauungen durch Systeme von Muskelbewegungen vermittelt werden, so muss es an und für sich sehr auffallend erscheinen, dass die Wahrnehmung bei geometrischen Verhältnissen der Hautflächen auf ganz anderen Principien beruhen solle. Nur ist nicht anzunehmen, wie öfters geschehen, dass es Bewegungen und Muskelgefühle von anderen Tastorganen sind, die diese Verhältnisse wahrnehmbar machen, was durch die Beobachtungen von Integration, wie oben erörtert, widerlegt wird; vielmehr sind es die in derselben Extremität oder demselben Theile der Hautfläche überhaupt geschehenden Bewegungen, welche diese Wahrnehmungen vermitteln. Dem widerspricht aber die Integration durchaus nicht, obgleich dabei auch alle für die Localzeichen sonst in Anspruch genommenen Muskeln fehlen können, falls nur die Ursprünge ihrer Nerven im Rückenmark noch vorhanden sind; denn, wie bei den Localzeichen der Netzhaut, ist es nicht die wirklich geschehende Bewegung, sondern die erregte Tendenz zu derselben, die wahrscheinlich das Localzeichen bildet.

Den vorgefundenen Hypothesen wurde also damals eine andere Theorie gegenübergestellt, welche die beobachteten Thatsachen in ihrer Gesammtheit berücksichtigen sollte, und folgendermassen [1]) zusammengefasst wurde:

„Die Ortsempfindungen sind bedingt durch ein Localzeichen jeder sensiblen Rücken-
„marksnervenfaser, welches auf einem System von durch Erregung der ersteren eingeleiteten
„Bewegungstendenzen beruht. Die Feinheit des Ortssinnes ist mitabhängig von der Anzahl
„sensibler Endpunkte (Terminalkörperchen) in einer bestimmten Hautfläche; zwei gleich-
„zeitige Ortsempfindungen kommen zu Stande, wenn die eingeleiteten Bewegungstendenzen
„hinlänglich verschieden sind, um bestimmt als solche wahrgenommen werden zu können."

Es wurde also angenommen, dass die Erregung jeder isolirt im Rückenmark eingepflanzten sensiblen Nervenfaser eine bestimmte, in genauer Abstufung von der durch andere sensible Fasern verschiedene Erregung motorischer Nervenfasern veranlasst. Ist die Erregung von geringerer Intensität, bei niedrigen Graden von Druck, geringen Temperaturschwankungen etc., so bleibt es bei der Tendenz zu einer bestimmten Muskelbewegung, weil, wie anzunehmen ist, der „Wille", in diesem Falle eine Art von Hemmungsapparat, so lange das Bewusstsein desselben völlig mächtig ist, die Erregung des peripherischen Theils der motorischen Nervenfaser und die Ausführung der Bewegung verhindert. Offenbar wird der in Thätigkeit zu setzende Hemmungs-Mechanismus ein verschiedener sein müssen, je nachdem verschiedene sensible Fasern erregt werden, und gerade hierin ist nach dieser Theorie die Verschiedenheit der einzelnen Localzeichen begründet. Es würde nun vor Allem darauf ankommen, anzugeben, mit welchen motorischen Nervenfasern und in welcher Weise jede sensible Faser damit verknüpft wäre, ferner die Gesetze aufzusuchen, nach denen die Erregung der ersteren vor sich geht, um daraus die Art der Realisirung eines Localzeichens für jede einzelne, isolirt in das Rückenmark eintretende, sensible Faser abzuleiten. In ersterer Beziehung wurde damals schon auf die Plexusbildungen als für die Theorie der Ortsempfindungen wesentlich in Betracht kommend hingedeutet.

Ueber diese hier in den Umrissen angedeutete Theorie hat sich seitdem nur Eine Stimme geäussert, die dafür um so schwerer in die Wagschale fällt. Meissner sagte

[1]) W. Krause, die terminalen Körperchen. 1860. S. 250.

darüber im Jahresberichte für 1859 (S. 635): „Ref., der selbst eine der von Krause ver-„worfenen Theorien für die Wahrnehmung geometrischer Verhältnisse von der Haut aus „früher aufgestellt hatte, hat diese Ansicht längst aufgegeben und ist vollkommen mit „derjenigen Krause's einverstanden, ein Meinungswechsel, der in des Ref. späteren Unter-„suchungen über die Augenbewegungen zunächst begründet ist, deren Ergebniss eben auch „Krause zur Stütze seiner Ansicht anführt."

Dagegen hat A. Fick[1]) in seinem vortrefflichen Werke eine andere Darstellung gegeben. Dieselbe zeigt manche Aehnlichkeit mit früher aufgestellten Hypothesen über gegenseitiges Interferiren der Empfindungskreise, ist aber so präcise ausgedrückt, dass sie sich im Auszuge nicht wohl wiedergeben lässt. Sie lautet ziemlich wörtlich etwa, wie folgt:

Jedes Gefühlselement — mag es erscheinen als Element eines Temperaturgefühls oder eines Druckgefühls — führt bekanntlich das Bewusstsein einer gewissen Oertlichkeit mit. Diese fundamentale Thatsache gewinnt unter den besonderen anatomischen Bedingungen der Gefühlsnervenperipherie für den Gefühlssinn eine ausserordentliche Bedeutung. Nach den Resultaten der mikroskopischen Untersuchung der Haut muss man annehmen, dass jede Gefühlsnervenfaser, bevor sie die Hautperipherie erreicht, sich in eine freilich nicht allgemein angebbare Anzahl von Aesten theilt. Jeder Ast endet in einem terminalen Körperchen. Wird irgend eines der zu einer vom Centrum ausgehenden Faser gehörigen terminalen Körperchen von einem Reize betroffen, so wird also allemal dasselbe von derselben Ortsvorstellung begleitete Gefühlselement erregt. Es fragt sich nun, ist es in jeder Beziehung absolut gleichgültig, ob das eine oder das andere der gedachten Körperchen vom Reize betroffen wird? Dies wird nicht von vorn herein behauptet werden können und sich sogar bei näherer Betrachtung der Sache als sehr unwahrscheinlich ergeben. Die zu einer Primitivfaser gehörigen terminalen Körperchen werden über ein gewisses Hautstück zerstreut sein, das man durch eine in sich zurückkehrende Linie abgrenzen kann. Dies Hautstück mag der „Empfindungskreis" der betrachteten Faser heissen. Wie gross ein solcher ist, darüber giebt einstweilen die mikroskopische Untersuchung keinen Aufschluss. Viel weniger als ein Quadratmillimeter, um wenigstens eine bestimmte Vorstellung zu geben, dürfte er indessen schwerlich für irgend eine Primitivfaser betragen. An manchen Hautstellen nimmt ein Empfindungskreis vielleicht mehr als ein Quadratcentimeter ein. Die oben aufgeworfene Frage kann nun so gestellt werden: Ist es für das Bewusstsein von der Oertlichkeit gleichgültig, ob ein Reiz hier oder dort innerhalb des betrachteten Empfindungskreises angebracht wird? Sie wäre unbedingt mit: Ja zu beantworten, wenn der Empfindungskreis ausser den Aesten der fraglichen Faser keine nervösen Elemente mehr bekäme. Dem ist aber wahrscheinlich nicht so. Die labyrinthischen Plexusbildungen zwischen den Endästen der Gefühlsnervenfasern lassen uns erwarten, dass in dem Empfindungskreis einer Faser *a* zwischen den von ihr versorgten Terminalkörperchen auch noch andere zerstreut liegen, welche ihre Nervenzweige von andern benachbarten Fasern *b*, *c* etc. erhalten. Man würde demnach sagen können, die Empfindungskreise der Fasern *b*, *c* etc. greifen in den Empfindungskreis der Faser *a* ein. — Werden verschiedene Stellen des Empfindungskreises von *a* gereizt, so wird in einem Falle nicht nur das zu *a*, sondern auch ein zu *b* gehöriges Gefühlselement erweckt werden, in

[1]) Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Sinnesorgane. Lahr 1862. I. S. 35—39.

einem zweiten Falle nicht nur das zu *a*, sondern auch das zu *c* gehörige. In den beiden Fällen werden zusammengesetzte Gefühle entstehen, die nicht ganz identisch sind. Wenn man also so feine Unterschiede noch bemerken kann, so wird man im Stande sein, selbst innerhalb eines Empfindungskreises verschiedene Stellen zu unterscheiden, wenn dieselben rasch hintereinander, so dass eine Vergleichung noch möglich ist, gereizt werden. Die Fähigkeit, solche Unterschiede aufzufassen, wird sich voraussichtlich durch Uebung steigern lassen. — Uebrigens werden nicht nur zwei, sondern in der That sehr viele Empfindungskreise anderer Fasern von jeder Seite her in den von *a* hineinragen, der eine immer etwas weniger tief als der andere. Irgend eine Erregung wird also ausser der Faser *a* nicht blos z. B. *b* erregen, sondern noch eine Anzahl anderer. Alle aber führen solche Ortsvorstellungen mit sich, die im angeborenen Raumbilde stetig aufeinander folgen. Das zusammengesetzte Gefühl, welches durch eine Reizung innerhalb des Kreises von *a* entsteht, wird also bezüglich der Oertlichkeit die Vorstellung einer, wenn auch kleinen, stetigen räumlichen Ausdehnung mitführen.

Werden die vorhin besprochenen beiden Reize, welche mit dem Gefühlselement *a* zugleich das von *b* resp. von *c* erwecken, gleichzeitig angebracht, so muss immer noch die Vorstellung einer continuirlichen Ausdehnung der Empfindungsursache in der Seele erweckt werden. In der That, es wäre in diesem Falle das Gesammtgefühl zusammengesetzt aus den Elementen *b a c*, welche in dem Raumbild der Seele stetig aufeinander folgen. Diese specielle Betrachtung kann man sofort verallgemeinern zu folgendem Satze: Zwei gesonderte gleichzeitige Reize, etwa Berührungen mit zwei Spitzen werden stets dann zu einer im Raum stetig zusammenhängenden Empfindung verschmelzen, wenn es irgend einen Empfindungskreis giebt, dessen Umfangslinie beide Reize umschliesst. Die Möglichkeit einer gesonderten Auffassung der beiden Reize ist sogar erst dann gegeben, wenn kein System von zwei benachbarten Empfindungskreisen existirt, dessen gemeinsame Umfangslinie die beiden gereizten Punkte umschliesst. Unter benachbart sind dabei zwei Empfindungskreise zu verstehen, welche ein möglichst grosses Flächenstück gemeinsam haben. Man kann die Bedingung auch dahin aussprechen, dass zwischen den beiden gereizten Punkten ein ganzer Empfindungskreis mit seinem längsten Durchmesser Platz hat. Nehmen wir einmal an, diese Bedingung sei erfüllt. Jeder von den beiden Reizen wird eine Reihe von Gefühlselementen veranlassen. Die eine Reihe liegt in der Verlängerung der anderen im Raumbilde der Seele, aber sie schliessen nicht stetig aneinander, sondern zwischen beiden Reihen ist ein Ort — er entspricht eben dem Empfindungskreise, welcher zwischen den beiden gereizten Punkten ganz Platz hat — der nicht mit positivem Empfindungsinhalte ganz ausgefüllt ist. Die Seele hatte sonst die Erfahrung machen können, dass bei einer objectiv im Raume stetig ausgedehnten Reizursache auch die zu dem eben gedachten Empfindungskreise gehende Primitivfaser in Erregung kam. Jetzt ist sie unerregt, folglich ist die Möglichkeit für die Wahrnehmung einer Lücke gegeben. Es bleibt übrigens denkbar, dass der Ausfall nur eines einzigen Empfindungskreises die Lücke noch nicht nothwendig zum Bewusstsein bringt. Vielleicht müssen zwei oder noch mehr Empfindungskreise zwischen den gereizten Punkten Platz haben, wenn das Getrenntsein der Reize wirklich soll empfunden werden. Das Letztere ist sogar wahrscheinlich. Jedenfalls giebt es aber eine bestimmte Grenze, und das Princip steht fest, dass die getrennte Wahrnehmung zweier Berührungen darauf beruht, dass unter

den im Raumbild der Seele stetig aufeinander folgenden Oertlichkeiten eine merklich grosse Anzahl ohne positive Erfüllung mit Empfindungsinhalt bleibt oder mit einem solchen Inhalt von anderer Art erfüllt ist. Es ist ferner denkbar, dass die Seele durch Uebung allmälig lernt, kleinere Lücken wahrzunehmen und schliesslich sogar die in der Natur der Sache liegende Grenze der Unterscheidungsschärfe erreicht, d. h. dass sie schon dann die Anwesenheit einer Lücke erkennt, wenn nur ein einziger Empfindungskreis ausfällt.

Wenn die Empfindungskreise in irgend einer Hautgegend alle ähnlich (z. B. elliptisch), ähnlich liegend (z. B. mit der längsten Ausdehnung in der Längsrichtung des Gliedes gelagert) und gleich gross sind, so fällt die oben gestellte Bedingung für die getrennte Wahrnehmbarkeit zweier Reize zusammen mit der Bedingung, dass die Entfernung der gereizten Punkte in bestimmter Richtung eine bestimmte ist. Dies gilt sowohl wenn der Ausfall eines Empfindungskreises zur Wahrnehmung genügt, als auch wenn n Empfindungskreise (vorausgesetzt, dass n eine ein für allemal bestimmte Zahl ist) zwischen den gereizten Punkten Platz haben müssen. Diese Behauptung soll für die Annahme, dass nur ein Empfindungskreis zwischen den gereizten Punkten Platz zu haben braucht, noch etwas näher erläutert werden. — Damit die aufgestellte Theorie allen beobachteten Erscheinungen genüge, wird nämlich noch eine Hülfs-Hypothese erfordert. Die Grösse, um welche ein Empfindungskreis über den benachbarten hervorragt, wird wahrscheinlich klein sein gegen den Durchmesser eines Empfindungskreises. In Wirklichkeit werden auf jedem gegebenen Hautstücke sehr viele Empfindungskreise vorhanden sein, deren jeder nur um ein Geringes über den anderen hervorragt. Wenn die letztere Grösse nicht vernachlässigt werden könnte, so wäre die zum Zustandekommen gesonderter Wahrnehmung keine ein für allemal bestimmbare Grösse, wie sie es in der That doch ist. Zwei immer in gleicher Entfernung von einander gehaltene Reize müssten bald als gesondert, bald als zusammenhängend wahrgenommen werden, wenn man sie über die Haut hinwandern lässt, je nach ihrer zufälligen Lage zu einem wirklichen Paar benachbarter Empfindungskreise, wovon die Beobachtung nichts ergiebt. Offenbar kann unter der gemachten Annahme, dass die Leerheit eines Empfindungskreises genüge, die Bedingung, dass kein System zweier benachbarter Empfindungskreise die beiden gereizten Punkte zugleich enthält, schon erfüllt sein, wenn ihre Entfernung nur den Durchmesser eines Empfindungskreises überhaupt — um wie wenig auch immer — übertrifft. Es müssen dann aber die beiden gereizten Punkte zufällig gerade hart an der Peripherie desselben reellen Empfindungskreises liegen. Die in Rede stehende Bedingung ist aber unter der gemachten Annahme allemal erfüllt, sobald die Entfernung der gereizten Punkte den Durchmesser eines Empfindungskreises um mehr übertrifft, als um wie viel ein Empfindungskreis über den nächstfolgenden hervorragt. Diese letztere Grösse wird, wie gesagt, wahrscheinlich klein sein gegen den Durchmesser eines Empfindungskreises und daher vernachlässigt werden können. Man kann also sagen: zwei Reize werden als gesondert empfunden, wenn ihre Entfernung dem Durchmesser eines Empfindungskreises gleicht, die Lage der beiden Reize mag sein, welche sie will, wofern nur die Richtung ihrer Verbindungslinie dieselbe bleibt, und die beiden Reize nicht in eine Hautgegend von anderer Beschaffenheit übergehen.

Sollte statt der specielleren Annahme die allgemeinere gelten, dass der Ausfall von n Gefühlselementen zwischen den beiden Reizen zu ihrer gesonderten Wahrnehmung nöthig ist, dann würde eine ganz ähnliche Betrachtung zu folgendem Schlusse führen. Die

Entfernung der beiden Reize, welche zu gesonderter Wahrnehmung nöthig und genügend ist, übertrifft den Durchmesser eines Empfindungskreises um das *n*fache davon, womit der Durchmesser eines Empfindungskreises über den nächstfolgenden hervorragt.

Dieser Fick'schen Darstellung muss nachgerühmt werden, dass sie die durch Experimente ermittelten Thatsachen vollständig erklärt, und mit keiner derselben im Widerspruch steht. Gleichwohl ist sie aus zwei Gründen nicht stichhaltig.

Erstens liegt jener Theorie die stillschweigende Voraussetzung zu Grunde, dass die Nervenvertheilung in allen Hautprovinzen sich im Wesentlichen ebenso verhalte, wie in der Vola manus und Planta pedis. Denn sie kann die Hülfshypothese nicht entbehren, dass sehr viele über einander gelagerte Empfindungskreise an jeder bestimmten Hautstelle vorhanden sind. Es muss also ein Netz von einzelnen Nervenfasern und ihren Aesten angenommen werden, welche einander nach allen Richtungen hin mannigfaltig interferiren. Diese aus den über die Hautnerven der Finger vorliegenden Beschreibungen und Abbildungen entnommene Anschauung ist jedoch unrichtig, wie schon aus einer früheren, etwas mühsamen Untersuchung[1]) hervorgeht. Denn sogar am unteren Theile der Volarfläche des Vorderarms, geschweige anderer mit noch viel weniger feinem Ortssinn begabten Hautflächen, fanden sich einzeln verlaufende Nervenfibrillen ganz ausserordentlich sparsam. Tastkörperchen und Vater'sche Körperchen sind auch Seltenheiten; bei den isolirten Nervenfasern ist aber, worauf es hier allein ankommt, ein derartiges mehrfaches Interferiren, wie es jene Theorie verlangt, ganz ausgeschlossen. Die meisten Fibrillen verlaufen in kleinen Stämmchen auf die Haarbälge zu, und endigen an letzteren in unbekannter Weise, jedenfalls aber ohne mit denen der benachbarten Haarbälge einen Faseraustausch einzugehen. Mit dieser anatomischen Voraussetzung entfällt natürlich die unentbehrlichste Unterlage der Fick'schen Theorie für den grössten Theil der Hautflächen.

Zweitens ist die stillschweigende Voraussetzung gemacht, die Beobachtungen über Integration angeboren missbildeter Körpertheile brauchten als zu wenig verbürgt nicht weiter in Betracht gezogen zu werden. Es liegt diese Voraussetzung auf der Hand, obgleich in dem kurz gefassten Lehrbuch nicht auf Widerlegungen der mannigfaltigen Ansichten über den Ortssinn der Haut eingegangen werden konnte. Bei dieser Sachlage wird es gerechtfertigt sein, hier eine eigene Beobachtung über derartige Integration mitzutheilen. Die Gelegenheit neuerdings einen solchen seltenen Fall untersuchen zu können, verdanke ich der ausserordentlichen Freundlichkeit des Herrn Obermedicinalrath Brandes, Dirigent des städtischen Krankenhauses zu Hannover, die beigegebene Abbildung (Taf. II., Fig. 4.) den Herren Dr. Bruns und Dr. Matthaei, früheren Zuhörern von mir und zur Zeit Assistenzärzten an dem genannten Hospital, resp. Kgl. sechsten Infanterie-Regiments zu Hannover.

Der betreffende Kranke, L. K., 61 Jahre alt, Gastwirth, war im October 1864 wegen eines kleinen Epithelialcarcinoms der Zunge in's Hospital aufgenommen. Seine Eltern, seine vier Brüder, seine Schwester und seine fünf Kinder hatten nichts von Missbildungen dargeboten. Sein linker Arm war vollkommen normal, von kräftiger Musculatur, vom Olecranon bis zur Spitze des Mittelfingers 46 Cm. lang.

[1]) W. Krause, Anatomische Untersuchungen. 1861. S. 9—17.

Am rechten Arm waren die Muskeln bedeutend schwächer entwickelt. Die Hand fehlte, der Vorderarm stellte einen abgeplatteten, vorn abgerundeten Kegel von 11 Cm. Länge dar, und sah auf den ersten Blick so aus, als wenn derselbe im Uterus durch die Nabelschnur amputirt worden wäre. Der Umfang betrug in der Mitte seiner Länge etwa 17 Cm.

Bei genauerer Untersuchung sah man an dem abgerundeten, unteren Ende des Vorderarms vier kleine, beinahe kreisrunde Warzen, mit hornartigen Plättchen bedeckt. Die letztern entsprachen Fingernägeln und zeigten, mikroskopisch untersucht, die Structur von solchen. Die grösste Warze, welche dem Daumen entsprach, sass radialwärts in einiger Entfernung von den übrigen drei und hatte 7 Mm. Durchmesser. Die anderen drei hatten nur 5 Mm. Durchmesser, sie standen in einer von der Ulnarseite radialwärts verlaufenden, geraden Linie und nahmen zusammen 2 Cm. Raum ein. Der Vorderarm enthielt nur einen, ebenfalls conischen Knochen, welcher an der Spitze eine Beweglichkeit zeigte, die auf ein unvollständig entwickeltes Gelenk zurückgeführt werden musste.

Mit dem so beschaffenen Arm vermochte der Mann vielerlei zu leisten. Er konnte ihn z. B. benutzen zum Mähen, um Heu damit in die Höhe zu geben u. s. w. Das Schreiben hatte er mit der linken Hand gelernt.

Der Druck- und Temperatursinn bot für die gewöhnlichen Prüfungsmethoden nichts von der Norm Abweichendes. Eben so wenig der Ortssinn der linken normalen, oberen Extremität und des rechten Oberarms. Der Ortssinn wurde mit bedeckten Zirkelspitzen bestimmt, und zwar wurde mit einer Entfernung derselben, bei welcher der Kranke nur eine punktförmige Berührung fühlte, angefangen, von da zu immer bedeutenderen Abständen fortgeschritten, bis ein entschiedener Eindruck von zwei gesonderten Punkten erhalten wurde, und dann kehrte man allmälig zurück zu der Entfernung des unzweifelhaften Einfachfühlens. Die folgenden Zahlen beziehen sich auf die Distanz, in welcher an dem missbildeten Vorderarm zwei Berührungen deutlich wahrgenommen wurden, weil die hierbei erhaltenen Resultate am wenigsten unter einander differirten, wenn man den Versuch mehrere Male wiederholte, und stellen natürlich arithmetische Mittel dar.

Volarfläche des Vorderarms in der Längsrichtung	7	Cm.
Dorsalfläche des Vorderarms in der Längsrichtung	4	„
Volarfläche des Vorderarms in der Querrichtung:		
a. in der Mitte seiner Länge	2	„
b. nahe der Spitze	1,5	„
Dorsalfläche des Vorderarms in der Querrichtung:		
nahe dem Oleeranon	5,5	„
Zwischen Daumen und den drei warzenförmigen Fingern in der Richtung vom Dorsum zur Vola	0,9	„

Auf den Fingerwarzen war bei bedeckten Zirkelspitzen keine gesonderte Empfindung zu erzielen. Die unbedeckten Zirkelspitzen wurden in einer gegenseitigen Entfernung von 4 Mm. gesondert wahrgenommen.

Auf Befragen, welches in Gegenwart mehrerer Aerzte und mit der nöthigen Vorsicht angestellt wurde, um unbefangene Antworten zu erhalten, erklärte der Kranke sofort, dass er die Länge seines missbildeten Vorderarms dem Gefühl nach stets gleich der des gesunden empfinde, obwohl er wisse, dass der erstere

bedeutend kürzer sei. Von einer Handfläche oder Fingern war keine bestimmte Empfindung vorhanden.

Diese Beobachtung beweist auf's Unzweideutigste, dass das Entstehen der Ortsempfindungen unabhängig ist von den peripherischen Ausbreitungen der sensiblen Nerven. Es bleibt als einzige Möglichkeit, die Entstehung der Localzeichen zu erklären, nur die schon früher angedeutete Theorie von der Entstehung derselben im Rückenmark übrig. Legt man zur vorläufigen Orientirung ein möglichst einfaches Schema zu Grunde, so kann man sich die Sache etwa folgendermassen denken.

Es seien A und B (Taf. II., Fig. 5.) zwei benachbarte sensible Nervenfasern der Haut. Beide seien in jeder anderen Beziehung vollkommen übereinstimmend, und doch bewirke die Erregung von A eine andere Ortsempfindung als die von B. Beide mögen an der Peripherie Aeste abgeben und in terminalen Körperchen z. B. zehn an der Zahl endigen — das Vorhandensein dieser peripherischen Endausbreitung ist für unsere Betrachtung vollkommen irrelevant.

Die sensiblen Nervenfasern A und B treten durch ein Foramen intervertebrale in den Rückgratscanal und endigen jede in einer Ganglienzelle. Die beiden Ganglienzellen mögen unter sich durch sie verbindende Ausläufer in Communication stehen; auch dieses Verhalten ist für unsere Auseinandersetzung gleichgültig. Jede Ganglienzelle soll aber ferner durch eine Nervenfaser mit dem Gehirn in Verbindung gesetzt sein und ausserdem eine motorische Nervenfaser abgeben. Die letzteren wollen wir a und b nennen, je nachdem sie entweder von der mit A oder von der mit B in Verbindung stehenden Ganglienzelle entspringen. Diese motorischen Nervenfasern theilen sich auf ihrem peripherischen Verlaufe. Sie endigen, wie bekannt, in motorischen Endplatten, durch welche sie mit quergestreiften Muskelfasern in Verbindung stehen. Die Zahl der zugehörigen Endplatten und Muskelfasern mag ebenfalls zehn betragen; auch diese peripherische Verbreitung kommt hier nicht weiter in Betracht.

Wird die sensible Nervenfaser A erregt, so ist die nächste Folge eine Erregung der motorischen Nervenfaser a, welche auf dem Wege des Reflexes durch Vermittelung der die beiden Nervenfasern in Verbindung setzenden Ganglienzellen entsteht. Diese Reflexwirkung bringt — unter der Voraussetzung, dass die Erregung von A beträchtlich genug war — in manchen Fällen eine Contraction in den von der motorischen Faser a mit Endplatten versorgten Muskelfasern hervor. So bei enthirnten Thieren, nach narcotischen Vergiftungen, im Schlafe, bei Blinden. Bei letzteren ist den betreffenden Contractionen der Name Tastzuckungen [1]) gegeben worden. Ob die Muskelcontraction eintritt, ist unwesentlich, ebenso was für einen Effect sie hat, oder welche Richtung und Grösse die Kraft besitzt, welche durch Contraction sämmtlicher von der betreffenden Nervenfibrille versorgten Muskelfasern hervorgebracht wird. Die Contraction kann z. B. desshalb fehlen, weil die Leitung in der motorischen Faser a unterbrochen ist, oder weil der von ihr mit versorgte Muskel nebst einem kürzeren oder längeren Theil des peripherischen Verlaufs der Nervenfaser a weggenommen worden war. Im wachen und bewussten Zustande aber tritt die Muskelcontraction nicht auf, weil die Erregung der motorischen Faser a überhaupt verhindert wurde. Der „Wille" wirkt hier — bewusst oder unbewusst — wie ein Hemmungsmechanismus.

[1]) Czermak, Sitzungsberichte d. k. k. Akademie der Wissensch. zu Wien. 1855. Bd. XV. S. 487.

Dies heisst nichts anderes, als dass vom Gehirn aus eine Bewegung durch eine von demselben zur Ursprungsstelle von a verlaufende centrale Nervenfaser geleitet wird, die im Stande ist die Erregung von a zu verhindern.

Wird durch eine hinlänglich intensive Erregung die sensible Nervenfaser B betroffen, so ist ebenfalls eine Reflexwirkung die Folge. Dieselbe ist aber unter den obigen Voraussetzungen ganz verschieden von der durch die Erregung von A hervorgebrachten; es würde jetzt eine Erregung der an ganz anderen Muskelfasern endigenden motorischen Faser b stattfinden. Soll diese gehindert werden, so muss ein anderer Hemmungsmechanismus in Thätigkeit treten; es muss wieder eine Erregung vom Gehirn aus geschehen, welche durch eine zur Ursprungsstelle von b verlaufende Faser geleitet wird, um die Erregung von b, nicht von a zu verhindern. Die Verschiedenheit des in Thätigkeit gesetzten Hemmungsmechanismus ist es, welche das Bewusstsein in den Stand setzt, die Erregung der Nervenfaser A von derjenigen von B zu unterscheiden. Alles Uebrige gleichgesetzt, bleibt doch diese Verschiedenheit übrig, und dieselbe ist es, welche nach der hier aufgestellten Theorie das Localzeichen für die sensiblen Nervenfasern bildet. Dass es in Betreff des Vorhandenseins eines solchen Localzeichens gleichgültig ist, ob die peripherische Endausbreitung von A und a resp. B und b vorhanden ist, oder ob sie von Geburt an fehlt, oder im spätern Leben z. B. durch Amputation verloren gegangen ist, ebenso wie lang die noch erhaltenen Nervenfasern selbst sind, liegt auf der Hand. Für das Zustandekommen der Ortsempfindungen wird mehr nicht gefordert, als dass die Ursprünge der bezeichneten Nervenfasern noch vorhanden sind.

Die gemachten Annahmen lassen sich sofort dahin verallgemeinern, dass es sich nicht mehr um einzelne Ganglienzellen und deren Verbindung mit sensiblen resp. motorischen Nervenfasern handelt, sondern um Gruppen von solchen. Einzig und allein der leichteren Versinnlichung halber wurde bisher das Schema von nur zwei Ganglienzellen zu Grunde gelegt. In der That wird eine einzelne sensible Nervenfaser der peripherischen Nervenstämmchen kein eigenes Localzeichen besitzen, sondern eine Anzahl von benachbarten Fasern ein gemeinschaftliches; ebenso wie es bekannt ist, dass nicht eine einzelne motorische Faser jemals erregt wird, sondern stets so viele, dass eine grössere Muskelpartie, manchmal auch eine Muskelgruppe sich contrahirt. In dieser Form zeichnet sich die fragliche Theorie, durch welche die Localzeichen der sensiblen Hautnerven ebenfalls auf ein System von Bewegungen zurückgeführt werden, namentlich auch durch die Leichtigkeit aus, mit welcher unter verschiedenen Umständen je nach der Stärke der Einwirkung, nach dem Grade der Aufmerksamkeit, Uebung und anderen Umständen eine sehr rasch in der Zeitfolge wechselnde Genauigkeit der Ortsempfindungen durch kleine Modificationen der Bewegungen oder vielmehr der Tendenz zu solchen vermittelt werden kann, wonach die Durchmesser der Empfindungskreise wechselnde, nicht constante sein müssen, während bei übrigens völlig gleichen Umständen dieselben stets die gleichen sein werden, was sich den Resultaten des Experiments vollkommen anschliesst. Die im Rückenmark durch Ganglienzellen-Gruppen anatomisch repräsentirten Empfindungskreise sind natürlich eben so wenig durch scharfe, feststehende Grenzen von einander getrennt anzusehen, wenn die verschiedenen Localzeichen verschiedener sensibler Nervenfasern durch verschieden modificirte Tendenzen zu Bewegungen gebildet werden, welche mit der Erregung der einzelnen Fasern verknüpft sind. Wenn zwei sensible Nervenfasern also zwei nicht mehr unterscheidbare, weil einander zu ähnliche

Bewegungstendenzen hervorrufen, so wird ihre Erregung als Ein Eindruck empfunden; rufen sie zwei differente Bewegungstendenzen hervor, deren Effecte, falls sie nicht durch den Willen gehemmt werden und wirklich Muskelbewegungen auslösen, immerhin in eine Resultante zusammenfliessen mögen, so entstehen zwei Eindrücke. Offenbar aber wird die Genauigkeit der Ortsunterscheidung mit von der Intensität abhängig sein müssen, mit der zwei sensible Nervenfasern im Rückenmark erregt sich zeigen. Denn je grösser diese Intensität innerhalb der Grenzen ist, dass nicht ganz allgemeine Reflexbewegungen entstehen, um so genauer wird es möglich sein, zwei wenig verschiedene, aber energisch angeregte Bewegungstendenzen, die durch Einwirkungen vom Gehirn her gehemmt werden müssen, wenn keine Muskelbewegungen entstehen sollen, von einander zu unterscheiden. Damit stimmt die wohl nicht allein aus der ausgedehnteren physischen Irradiation erklärbare Beobachtung überein, dass, wenn durch irgend welche Ursachen die Epidermis dicker und derber geworden ist, also die Zuleitung der mechanischen Einwirkungen erschwert wird, auch die Feinheit des Ortssinns abnimmt. Im Gegensatz dazu wird die letztere zunehmen, je intensiver die Erregung einer sensiblen Nervenfaser ist; es ist also möglich, eine Hautstelle von dickerer Epidermis durch Einrichtungen, welche die Intensität der Empfindungen steigern (Terminalkörperchen), zur bessern Unterscheidung von Ortsempfindungen zu befähigen. Ueber die dabei in Frage kommenden anatomischen Verhältnisse ist eine schon früher [1]) gegebene Ausführung zu vergleichen.

In der Einleitung wurde bereits auf die hier näher begründete Theorie hingedeutet, wonach die Ortsempfindungen abhängig sind von einer gesetzmässigen Verknüpfung ganz bestimmter sensibler Nervenfasern mit den entsprechenden motorischen Fibrillen. Diese anatomische Voraussetzung lässt sich glücklicherweise an der Erfahrung prüfen. Hier kommt, neben der Plexusbildung der Nerven überhaupt, zunächst ein von Peyer gefundenes Gesetz in Frage, wonach die Verbreitung einer Nervenwurzel, die in den Plexus brachialis des Kaninchens eintritt, meistens so stattfindet, dass die sensiblen Fasern sich in diejenigen Hautstellen begeben, welche die Muskeln, die von den motorischen Fasern derselben Wurzel versorgt werden, decken.

Nun geht aus den Untersuchungen von Peyer ebenfalls hervor, dass manche Muskeln von mehreren Rückenmarksnervenwurzeln versorgt werden, und ausserdem ist es bekannt, dass einige Muskeln von verschiedenen Nervenstämmen, deren die systematische Anatomie Erwähnung thut, innervirt werden. So erhält zum Beispiel der M. flexor digitorum profundus des Menschen Zweige, die von den Nn. medianus und ulnaris herstammen.

Seit der Zeit, in welche Peyer's Arbeiten fallen, sind die Endigungen der sensiblen, wie der motorischen Nerven genau bekannt geworden, und mit Hülfe der auf diesem Gebiete erkannten Thatsachen ist es jetzt leicht, die einzelnen Fälle jenem allgemeinen Gesetze unterzuordnen. Die grossen Muskeln, welche von verschiedenen Wurzeln aus innervirt werden, sind in der That im physiologischen Sinne Muskelgruppen. Man muss sie nach den Verzweigungsgebieten der in sie eintretenden Nervenästchen, insbesondere wenn die letzteren aus verschiedenen Rückenmarksnervenwurzeln ihren Ursprung nehmen, in bestimmte Muskelnervenprovinzen eintheilen. Eine solche ist dann weiter zusammengesetzt aus einer Anzahl der schon im anatomischen Abschnitt erwähnten elementaren Nervenprovinzen.

[1]) W. Krause, die terminalen Körperchen. 1860. S. 245.

Jede der letzteren ist, wie gesagt, in den Rückenmarksnervenwurzeln durch eine einzige motorische Nervenfaser repräsentirt. Dabei wird die in jenem Abschnitt erörterte Thatsache von Wichtigkeit, dass auch die quergestreiften Muskelfasern aus spindelförmigen Elementen bestehen, welche eine nicht sehr beträchtliche Länge nicht überschreiten. Auf diese Weise kann man also die betreffenden Muskeln in gesonderte Provinzen zerlegen, deren jede aus mehreren elementaren besteht, und in den Wurzeln entweder durch ein oder mehrere kleinste selbstständige Faserbündel repräsentirt wird, wonach die verschiedene Herkunft der Nerven für die grösseren Provinzen nicht weiter in Verwunderung setzen kann. Ausserdem handelte es sich darum anzugeben, welche von sensiblen Nerven versorgten Hautpartien in Bezug auf den Ursprung der ersteren einer bestimmten Nervenwurzel der Plexus angehören. Auch diese Partien bestehen aus mehreren elementaren Nervenprovinzen, und man kann nun näher nachweisen, in welchem räumlichen Lagerungsverhältniss sich diejenigen Hautnervenprovinzen einerseits und Muskelnervenprovinzen andererseits befinden, die von Nervenfasern aus derselben Rückenmarksnervenwurzel versorgt werden. Wenn diese Aufgabe gelöst ist, so ergiebt sich die weitere Folgerung, dass in einer bestimmten Muskelprovinz Reflexbewegungen wahrscheinlich gerade dann am directesten erzeugt werden, wenn sensible Nervenfasern der zugehörigen Hautprovinz erregt worden sind. Insofern die Reflexbewegungen aber durch Einfluss des nervösen Centralorgans gehemmt werden, ist damit nach dem Vorhergehenden den betreffenden sensiblen Nervenfasern zugleich ihr bestimmtes, sie von allen anderen unterscheidendes Localzeichen zugewiesen.

Auf Grundlage dieser Betrachtungen wurde der M. flexor digitorum profundus des Kaninchens in's Auge gefasst, um mit Hülfe der Beobachtung zu prüfen, ob hier jene vorhin erwähnte Voraussetzung von einer gesetzmässigen Verknüpfung ganz bestimmter sensibler Nervenfasern mit den entsprechenden motorischen Fibrillen Gültigkeit habe. Die anatomische Untersuchung lehrte, dass der genannte Muskel von zwei Nervenstämmen, nämlich wie beim Menschen vom N. medianus und N. ulnaris Aeste erhält. Die von ersterem stammenden Fasern versorgen zufolge der Präparation mit Messer und Scheere die radialwärts gelegenen Partien, die Aeste des N. ulnaris dagegen die Ulnarseite des Muskels. Mit Hülfe der Salpetersäure-Glycerin-Methode [1]) kann man den Muskel leicht in seine einzelnen Fasern zerlegen. Ferner ergaben wiederholte experimentelle Untersuchungen, dass die vom N. medianus stammenden Fasern des betreffenden Muskels aus dem VIII. Cervicalnerven entspringen, während die in der Bahn des N. ulnaris verlaufenden aus dem I. Dorsalnerven ihren Ursprung nehmen. Es entarteten nämlich nur die an der Ulnarseite des Muskels befindlichen Zweige fettig nach Durchschneidung des I. Dorsalnerven. Dieses konnte durch mikroskopische Untersuchung sowohl für die feinsten Nervenzweige im Muskel, als für die einzeln verlaufenden Nervenfibrillen nachgewiesen werden. Dagegen entarteten alle motorischen Fasern des M. flexor digitorum profundus fettig, wenn der VIII. Cervicalnerv und der I. Dorsalnerv nach ihrer Vereinigung zu einem gemeinschaftlichen Stamme resecirt worden waren. Selbstverständlich brauchten zur Constatirung dieses Befundes keine besonderen Experimente angestellt zu werden, sondern es wurden diese Resultate bei denjenigen Nervendurchschneidungen zugleich mit erhalten, über deren Ergebnisse in Bezug auf die sensiblen Fingernerven in dem experimentellen Abschnitte bereits ausführlich referirt worden ist.

[1]) W. Krause, Zeitschrift f. ration. Medicin. 1863. Bd. XX. S. 3.

Es ergab sich zugleich, dass vom I. Dorsalnerv diejenigen Muskelfasern versorgt werden, die sich an die zu dem fünften Finger gehende Sehne des M. flexor digitorum profundus ansetzen. Diejenigen Muskelfasern, welche die Sehnen für den zweiten und dritten Finger spannen, stammen aus dem VIII. Cervicalnerven her.

Für die Muskelfasern, welche sich an die tiefe Beugesehne des vierten Fingers ansetzen, wurde das nach Analogie der Nervenvertheilung in der Haut zu erwartende Resultat gefunden, dass die radialwärts gelegenen derselben vom VIII. Cervicalnerven, die ulnarwärts befindlichen vom I. Dorsalnerven versorgt werden. In wiefern sich an dieses Ergebniss in Bezug auf die menschliche Hand ein specielles Interesse knüpfen würde, soll sogleich erörtert werden.

Jedem ist die Thatsache bekannt, dass der vierte Finger den Flexionsbewegungen, sowohl des dritten, als des fünften Fingers folgen muss, sobald die Endphalanx der betreffenden Finger mitgebeugt wird. Für dieses Factum hat man verschiedenartige Erklärungsversuche[1]) aufgestellt, und doch noch keinen ganz genügenden Grund anzugeben vermocht. Denn die übrigen Sehnen des tiefen Fingerbeugers, abgesehen von derjenigen des vierten Fingers, brauchen offenbar nicht sämmtlich gleichzeitig gespannt zu werden, was einerseits die Erfahrung lehrt, und andererseits aus der beschriebenen Nervenvertheilung a priori abzuleiten wäre. Aus der letzteren erklärt sich nun mit Hülfe einer wahrscheinlichen Annahme die erwähnte Thatsache, dass der vierte Finger den Flexionsbewegungen jedes seiner Nachbarn folgen muss, sehr einfach. Wird die Endphalanx des vierten Fingers mit voller Kraft gebeugt, so muss der Willensimpuls durch Fasern vom VIII. Cervical- und I. Dorsalnerven geleitet werden. Wird aber der fünfte Finger gebeugt, so contrahiren sich die ulnarwärts gelegenen, an die Sehne des vierten Fingers sich ansetzenden und vom I. Dorsalnerven versorgten Muskelfasern unwillkürlich mit, da dieselben, wie man annehmen darf, keine für sich allein dem Willen unterworfene Muskelprovinz ausmachen. Wird der dritte Finger gebeugt, so ist dasselbe mit den radialwärts gelegenen, an die Sehne des vierten Fingers sich ansetzenden und vom VIII. Cervicalnerven versorgten Muskelfasern der Fall, welche ebenfalls nach der gemachten Annahme keine für sich allein dem Willen unterworfene Muskelprovinz darstellen. Man sieht aber, dass unter den beiderlei zuletzt genannten Verhältnissen die Beugung des vierten Fingers nur ungefähr mit halber Intensität geschehen wird, womit die Ergebnisse der Erfahrung ihrerseits übereinstimmen.

Man kann nach Allem den M. flexor digitorum profundus wenigstens in zwei Nervenprovinzen zerlegen, deren Nerven mit den Hautnerven derjenigen Finger, welche von den entsprechenden Sehnen gebeugt werden, den Ursprung aus derselben Nervenwurzel oder aus Ganglienzellengruppen in derselben Gegend des Rückenmarks gemeinsam haben. Was an einem beispielsweise untersuchten, complicirten Muskel sich ergab, wird der Analogie nach für alle ähnlichen Fälle Geltung haben. Daraus resultirt der Zusammenhang der gesetzmässigen, durch die Plexusbildungen vermittelten Nervenvertheilung mit der Theorie des Ortssinns. Denn hiermit ist eine anatomische Grundlage für die Localzeichen der sensiblen Nervenfasern gegeben, die sich zugleich als vollkommen unabhängig von der peripherischen Endverbreitung der letzteren in der Haut herausstellt.

[1]) Theile, Archiv für Anatomie und Physiologie. 1839. S. 429. — Hyrtl, topographische Anatomie. 1853. Bd. II. S. 270. — Henle, Muskellehre. 1858. S. 231. — Langer, Lehrbuch der Anatomie. 1865. S. 261.

Schlussfolgerungen.

Wenn man die in den vier bisherigen Abschnitten zusammengestellten Thatsachen im Zusammenhange berücksichtigt, so erscheint es thunlich, die Grundzüge des anatomischen Baues, wie sie aus der Nervenvertheilung im Plexus brachialis sich ergeben, bestimmter als es bisher möglich war zu formuliren. Man kann folgende Sätze [1]) aufstellen, die ohne Zweifel eine ausgedehntere Gültigkeit, namentlich auch für den Menschen in Anspruch nehmen dürfen.

1) Jede doppeltcontourirte Nervenfaser, welche in einer gemischten Rückenmarksnervenwurzel enthalten ist, steht an ihrem peripherischen Ende entweder durch motorische Endplatten mit einer Anzahl von quergestreiften, spindelförmigen, etwa zolllangen Muskelfasern, oder mit einer Anzahl von sensiblen Endapparaten (Vater'sche Körperchen, Tastkörperchen, Endkolben, Haarbälge) in Verbindung. Die Verästelungsgebiete einer jeden von diesen Nervenfasern, die in den Rückenmarksnervenwurzeln zu kleinsten Bündeln vereinigt liegen, können als elementare sensible oder motorische Nervenprovinzen bezeichnet werden.

2) Die sogenannten Nervenstämme sind in Wahrheit Nervenplexus, deren Maschen nach dem nervösen Centralorgan, wie nach der Peripherie hin sehr spitze Winkel besitzen.

3) Die grösseren Muskeln werden von Nervenfasern versorgt, die aus mehreren Rückenmarkswurzeln herstammen. Sie zerfallen dadurch in verschiedene, aus einer Anzahl elementarer zusammengesetzter Muskelnervenprovinzen, die mit verschiedenen Segmenten des Rückenmarks in Verbindung stehen.

4) Weiter nach der Hand hin gelegene Partien der oberen Extremität erhalten ihre Nervenfasern aus Wurzeln, die näher dem Hinterende des Rückenmarks entspringen. Dieses gilt sowohl für sensible als motorische Nervenfasern. Die absolut längsten Nervenfasern kommen aus dem VIII. Cervicalnerven und versorgen die Haut des ersten bis dritten nebst der Radialseite des vierten Fingers; dann folgen die im I. Dorsalnerven austretenden Fasern, von denen die Haut der Ulnarseite des vierten und des ganzen fünften Fingers innervirt wird.

5) Die Muskeln erhalten ihre Nervenfasern aus derselben Rückenmarksnervenwurzel, welche die über ihnen selbst und ihren Sehnen gelegenen Hautstellen versorgt. In Muskeln, welche mehrere Sehnen aussenden, werden die zu jeder einzelnen Sehne gehörenden Muskelfasern von besonderen Nervenstämmen versorgt. Die letzteren können aus verschiedenen Rückenmarksnervenwurzeln ihren Ursprung nehmen.

---

[1]) Göttinger Nachrichten. 1865. Nr. 6. S. 155.

6) Zwei gleichzeitige Ortsempfindungen kommen zu Stande, wenn zwei sensible Fasern der Rückenmarksnervenwurzeln gleichzeitig erregt werden. Dies beruht darauf, dass jede der betreffenden Nervenfasern eine Reflexbewegung in einer besonderen Muskelnervenprovinz, die von einer oder mehreren motorischen Fasern derselben Rückenmarksnervenwurzel versorgt wird, auszulösen vermag. Die verschiedenen Localzeichen sensibler Nervenfasern werden durch die Verschiedenheit der auszulösenden oder seitens des nervösen Centralorgans zu hemmenden Reflexbewegungen bedingt.

Die Beweise für diese Sätze sind theils in den vorhergehenden Abschnitten enthalten, theils bedarf es noch einiger Erläuterungen, die successive gegeben werden sollen.

Ad 1) In Betreff der elementaren Nervenprovinzen ist auf die Auseinandersetzungen im Anfang des anatomischen, sowie am Schluss des physiologischen Abschnittes zu verweisen.

Ad 2) Die Plexusbildungen überhaupt, mithin die eigentlich sogenannten makroskopischen Plexus, die Verflechtungen der Nervenfasern in den von der systematischen Anatomie beschriebenen Nervenstämmen und der Faseraustausch in der peripherischen Plexus mikroskopischer Nervenstämmchen haben sämmtlich nur die Bedeutung, dass die doppeltcontourirten Nervenfasern Umwege machen, um an ihre eigentliche Endigungsstelle zu gelangen. Dass diese Umwege überhaupt stattfinden, wird auf Vorgänge in der normalen Entwicklungsgeschichte zurückzuführen sein. Es sind zugleich die Anomalien im Verlauf der Zweige grösserer Nervenstämme zu erklären. Wie jedem praktischen Anatomen bekannt ist, werden Varietäten in dieser Beziehung ausserordentlich selten beobachtet, namentlich im Vergleich zu den so häufigen Anomalien der Arterien und noch mehr der Venen. Ich selbst habe nur wenige interessantere Fälle untersuchen und früher bei verschiedenen Gelegenheiten veröffentlichen können, obgleich ich seit Langem das Augenmerk darauf gerichtet hielt. Die Abweichungen im Verlauf der peripherischen Hautnerven sind vor einiger Zeit von Voigt[1]) näher studirt worden. Es zeigte sich, dass die Anomalien bloss im Verlauf der Nerven vom Centrum zur Peripherie vorkommen — während die Verbreitungsbezirke in der Haut selbst unverändert bleiben. Wie in der Telegraphie es gleichgültig ist, ob die Zwischenleitung zweier mit einander correspondirender Stationen länger oder kürzer und stellenweise selbst rücklaufend angelegt ist, so gelangen auch die Hautnerven, wenn sie von ihrem regelmässigen Verlaufe abweichen, manchmal auf Umwegen, machmal selbst rücklaufend an ihre bestimmte Hautstelle, um sich da erst peripherisch zu vertheilen. Die Anzahl der in einem bestimmten Nervenbündel enthaltenen Nervenfasern, welches einen besonderen Namen erhalten hat[2]), ist somit nicht stets dieselbe. Denn die Nervenfasern im Laufe vom Centrum zur Peripherie wechseln ihre Gefährten, gesellen sich manchmal eine Zeit lang zu andern benachbarten Nervenzügen und verlassen dieselben wieder, um endlich an ihrer bestimmten Hautstelle sich zu vertheilen. Unter den von Voigt zur Begründung dieser Sätze mitgetheilten Beispielen ist namentlich folgendes interessant. In drei oder vier Fällen lief ein Nervenzweig des N. ileo-inguinalis, welcher gewöhnlich mit diesem durch den Leistencanal seinen Weg nimmt und bei der vorderen Oeffnung desselben hervorgetreten sich in der Haut am Schamberge verzweigt, statt dessen seinen Weg unter

[1]) Beiträge zur Dermato-Neurologie. Nebst der Beschreibung eines Systems neu entdeckter Linien an der Oberfläche des menschlichen Körpers. Von C. A. Voigt. Vorgelegt in der Sitzung der k. k. Akad. d. Wissensch. am 14. Oct. 1862. Mit zwei Tafeln. In Commission bei Gerold. Wien 1864. S. 10.

[2]) Casper's medicinische Wochenschrift. 1836. S. 593.

dem Lig. Poupartii nehmend, circa fünf Zoll tief herab, umschlang die Vena saphena magna, kehrte hier, einen Bogen machend, um und lief nun zurückaufwärts, um sein Endverzweigungsgebiet im Mons veneris erreichen zu können. — Solche Fälle sind dem normalen Verlauf des N. recurrens N. vagi zu parallelisiren.

Es ist zu bemerken, dass die von Voigt beschriebenen und abgebildeten Grenzlinien der Hauptverästelungsgebiete der Hautnerven keineswegs mit den Begrenzungen der wahren Verbreitungsbezirke von Rückenmarksnervenwurzeln zusammenfallen, wie man bei einer Vergleichung der für die Nerven der oberen Extremität durch das Experiment gefundenen Thatsachen mit den Angaben jenes Forschers sofort übersieht. Letztere bringen nur die sonst schon bekannten Daten in eine etwas übersichtlichere Form. Namentlich ist hervorzuheben, dass die Abgrenzung der Bezirke des VIII. Cervicalnerven und I. Dorsalnerven, was die Haut der Finger anlangt, ganz genau mit der Mittellinie des vierten Fingers zusammenfällt. Diese Abgrenzung ist an der Volarseite durch die Verästelung des N. volaris digiti annularis ulnaris aus dem N. ulnaris volaris superficialis des N. ulnaris einerseits und des N. volaris digiti annularis radialis aus dem N. digitalis volaris communis IV. des N. medianus andererseits ausgedrückt. Gleichwohl ist es bekannt, dass auch hier Verbindungszweige des N. ulnaris volaris superficialis zum N. digitalis communis III. vorhanden sind. Dieselben müssen also in der Bahn des N. ulnaris verlaufende Fasern des VIII. Cervicalnerven in das eigentliche Verästelungsgebiet des letzteren zurückführen. Noch mehr tritt die Differenz an der Dorsalseite hervor. Denn hier sollte man nach den gefundenen Verbreitungsbezirken der Nervenwurzeln des Plexus brachialis erwarten, dass der N. dorsalis digiti annularis radialis von dem N. radialis abgegeben werden würde, weil die übrigen für die Dorsalseite der Finger bestimmten Nervenfasern, soweit sie aus dem VIII. Cervicalnerven hervorgehen, im Stamme des N. radialis enthalten sind. Gleichwohl entspringt der genannte N. dorsalis digiti annularis radialis aus dem Ramus dorsalis Nervi ulnaris, und Zweige des letzteren tragen sogar mitunter noch dazu bei, den N. dorsalis digiti medii ulnaris zusammenzusetzen. Aus diesen Befunden geht der schon näher begründete Satz, dass manche Nervenfasern auf complicirten Umwegen an ihren schliesslichen Bestimmungsort gelangen, um so schlagender hervor, insofern es gestattet wird, vom Kaninchen und Affen auf den Menschen Rückschlüsse machen zu dürfen.

Ad 3) Einige Varietäten in der Nervenvertheilung kommen dadurch zu Stande, dass ein oder mehrere Faserbündel den Rückgratscanal durch ein anderes Foramen intervertebrale verlassen, als das gewöhnlich in Frage kommende. Auf diese Art entsteht zum Beispiel beim Kaninchen die im experimentellen Abschnitt schon erwähnte abnorme Anastomose des Plexus brachialis mit dem IV. Cervicalnerven. Man kann dieselbe so deuten, dass jenes Segment des Rückenmarks, welches den betreffenden Faserbündeln zu ihrem Ursprung dient, in Bezug auf die Halswirbel etwas weiter nach oben gerückt ist, als es im normalen Entwicklungsgange zu geschehen pflegt; mit anderen Worten: die unteren Halswirbel sind verhältnissmässig etwas stärker gewachsen. Es ist also nur ein Umweg besonderer Art, den die in jener abnormen Anastomose verlaufenden Nervenfasern nehmen, um an ihren Bestimmungsort zu gelangen. Sowie es sich hierbei um ein bestimmtes Quersegment des Rückenmarks handelt, dessen Beziehungen zu den entspringenden Nervenfasern durch etwaige Modificationen im peripherischen Verlaufe der letzteren in keiner Beziehung verändert werden, ebenso entspricht überhaupt jeder Nervenwurzel ein grösseres Segment des Rücken-

marks und es ist nicht unwahrscheinlich, dass auch die Bündel in den kleineren Unterabtheilungen der einzelnen Wurzeln wesentlich einer Reihe nach angeordnet sind, die der Längsaxe des Rückenmarks parallel geht. Man kann bei dieser ganzen Darlegung von jeder bestimmten Vorstellung über den vielfach controversen Bau des Rückenmarks absehen, sobald nur zugegeben wird, dass die Ganglienzellen sowohl mit dem Gehirn, als mit den peripherischen Nervenfasern in einer leitenden Verbindung stehen.

Ad 4) Dieser Satz enthält das Grundschema für den Bau der oberen Extremität überhaupt. Bereits von Peyer wurde die Regel aufgestellt: Weiter rückwärts austretende Wurzeln versorgen progressiv näher der Hand gelegene Muskeln. Durch den gelieferten Nachweis, dass die Finger vom VIII. Cervicalnerven und I. Dorsalnerven mit sensiblen Fasern versorgt werden, ist es im Anschluss an die von Peyer und Türck gelieferten Daten jetzt möglich, denselben Satz für alle Nerven der oberen Extremität durchzuführen. Er lässt sich auch dahin aussprechen, dass die Fasern der einzelnen Wurzeln vom V. bis VIII. Cervicalnerven an Länge immer zunehmen, um erst im I. Dorsalnerven wieder ein wenig abzunehmen.

In Betreff der Entwicklung der Nervenfasern sind zwei Vorstellungen möglich. Entweder nimmt man an, dass die doppeltcontourirten Fibrillen der Stämme und Aeste aus mit einander verschmolzenen Zellen hervorgegangen sind. Dann hätte sich eine längere Zellenreihe bei der Entstehung der Fasern des VIII. Cervicalnerven und I. Dorsalnerven mit je einem Ganglienzellen-Ausläufer in Verbindung gesetzt, als es bei den übrigen Cervical- und Dorsalnerven der Fall ist. Oder man nimmt an, die doppeltcontourirten Nervenfasern, mag ihre Länge sein, welche sie wolle, stellten auch ihrer Entwicklung nach, wie sie es offenbar in functioneller Beziehung sind, weiter nichts dar, als Ausläufer multipolarer Ganglienzellen. Dann kann obiger Satz auch so formulirt werden, dass die den Ursprüngen des VIII. Cervical- und I. Dorsalnerven entsprechenden Ganglienzellen viel stärker wachsende Fortsätze aussendeten, als die in den benachbarten Segmenten des Rückenmarks vorhandenen, sowie die betreffenden Fortsätze überhaupt vom V. bis VIII. Cervicalnerven an Länge fortwährend zunehmen. Jedenfalls wird die embryonale Anlage der Hand dem VIII. Cervicalnerven und I. Dorsalnerven räumlich entsprechen, die Anlage des Vorderarms dem VII. Cervicalnerven, die des Oberarms dem VI. und V. Cervicalnerven. Es ist jedoch dabei natürlich nicht ausgeschlossen, dass der VIII. Cervicalnerv und I. Dorsalnerv sich auch an der Versorgung der Haut des Vorderarms namentlich nach der Hand hin (nicht aber des Oberarms) betheiligen, wie es in Betreff der Muskeln des Vorderarms in der That der Fall ist.

Ad 5) Obgleich dieser Satz im Allgemeinen für die Muskel- und Hautnerven der oberen Extremität aus früheren Untersuchungen abzuleiten ist, so kann derselbe doch am Beispiel des M. flexor digitorum profundus am besten bewiesen werden, worüber das Ende des physiologischen Abschnitts zu vergleichen ist. Der Fall, dass in Muskeln, welche mehrere Sehnen aussenden, die einzelnen Muskelnervenprovinzen von verschiedenen Rückenmarksnervenwurzeln abhängig sind, ist wahrscheinlich ein nicht seltener.

Ad 6) Man ist nach dem im physiologischen Abschnitt Dargelegten nicht mehr in der Lage zu behaupten: jede peripherische Nervenfaser müsse incl. ihrer Aeste ein besonderes Localzeichen haben. Dagegen wird ein solches wahrscheinlich jeder durch die Nervenwurzeln in das Rückenmark eintretenden Faser zukommen; obgleich es immerhin möglich wäre, dass erst bestimmte kleine Gruppen der letzteren Fasern ein solches Localzeichen

besässen. Es wird gewöhnlich angegeben, dass in den Nervenstämmen und grösseren Aesten die Fasern ohne sich zu theilen verlaufen. Nachdem die betreffenden Wurzeln des Plexus brachialis in ihre feinsten Faserbündel zerlegt wurden, deren Durchmesser diejenigen der peripherischen Nervenzweige nicht übertreffen, braucht man vor Anstellung genauerer Messungen nur die auf Taf. III. vom N. medianus gegebene Abbildung zu vergleichen, um sich zu überzeugen, dass eine Massenzunahme der Nervensubstanz vom Rückenmark nach der Peripherie hin unzweifelhaft vorhanden ist. Man kann dabei die Vermehrung des interstitiellen Bindegewebes um so mehr vernachlässigen, als seine Hauptmasse durch die Präparation überall entfernt worden ist. Wie zahlreich die Theilungen sich wiederholen und ein wie grosses Gebiet mithin von einer einzelnen Stammfaser der Wurzeln abhängig ist, darüber fehlen bis jetzt die Beobachtungen.

Es ist zu bedauern, dass es nicht möglich war, die Untersuchung in ausgedehnterer Weise am Affen durchführen zu können, wozu am hiesigen Orte die äusseren Mittel fehlten. Von der Benutzung anderer Thiere, als solcher Säuger, die fünf Zehen an der Vorderextremität besitzen, muss ohnehin abgesehen werden, falls die Anwendung der zu erhaltenden Resultate auf die systematische Anatomie des Menschen wesentlich in Betracht kommen soll. Sonst würde es sich empfehlen mit den Fischen anzufangen, wegen der grossen Einfachheit ihres Baues und der Leichtigkeit, mit der überall das interstitielle Bindegewebe zwischen den grösseren Organprovinzen bei diesen niederen Thieren entfernt werden kann. Da die motorischen Endplatten in den Fischmuskeln vor einiger Zeit durch Waldeyer und mich bekannt geworden sind, so wird eine hier vorhandene Lücke fühlbarer, und es wäre um so wünschenswerther, wenn einmal die Endigung der sensiblen Nervenfasern in der Haut der Fische in ausgedehnterer Weise festgestellt würde, was bis jetzt nur bei wenigen Arten [1]) geschehen ist.

Zum Schluss sollen die bisher über die Vertheilungsweise der einzelnen in den Plexus brachialis des Kaninchens eintretenden Wurzeln erlangten Resultate in tabellarischer Form zusammengestellt werden. Aus denselben können die angeführten allgemeinen Sätze Nr. 3—5 zum Theil unmittelbar abgeleitet werden. Bei den im experimentellen Theil erwähnten Nervendurchschneidungen, welche die Vertheilungsweise aller dem Plexus brachialis angehörenden Wurzeln ermitteln liessen, war natürlich nicht bloss die Haut der Finger auf fettige Degeneration ihrer Nervenfasern untersucht worden. In Betreff der übrigen Haut der oberen Extremität, sowie der Muskeln wurden die Peyer'schen Angaben zwar im Wesentlichen bestätigt, an manchen Stellen jedoch etwas abweichende Befunde erhalten. Diese hier anzuführen, ist gleichwohl unterlassen, weil sie nicht hinlänglich oft

[1]) Von Leuckart wurden auf der Naturforscher-Versammlung zu Giessen (1864. Tageblatt Nr. 3. Section f. Zoologie. S. 46) Mittheilungen gemacht über eigenthümliche Sinnesapparate in der Haut von Chauliodus Sloani. Leuckart deutete sie als Nebenaugen, obgleich die hinzutretenden Nervenstämme von Rückenmarksnerven abstammten. Wahrscheinlicher sind wohl die betreffenden Gebilde als besondere Organe zu betrachten, in denen einfach sensible Nervenfasern, jede mit einem terminalen Körperchen endigen. Denn ganz ähnliche Terminalkörperchen fand Kölliker (Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. 1853. Bd. IV. S. 366) einzeln in der Haut von Chauliodus, sowie später bei Stomias barbatus (Verhandl. d. Würzburger phys.-med. Gesellschaft. 1858. Bd. VIII. S. 28). Die fraglichen Körperchen wurden schon früher einmal von mir (W. Krause, die terminalen Körperchen etc. 1860. S. 142) gelegentlich erwähnt.

constatirt worden waren, um ganz Sicheres an die Stelle dessen setzen zu können, was jene fleissigen Beobachtungen früher ergeben hatten. Auf die letzteren sind daher die in der Tabelle enthaltenen Angaben vorzugsweise basirt. Auch dürften solche abweichende Mittheilungen, nachdem die allgemeinen Sätze (insbesondere Nr. 4 und 5) festgestellt sind, ihrer fragmentarischen Natur wegen kein hervorragendes Interesse mehr für sich in Anspruch nehmen können. So bleibt nur noch der Wunsch übrig, dass bald andere Bearbeiter der Lehre von den Nervenplexus sich bewogen finden möchten, die sichergestellten Grundzüge nun auch in allen Details durchzuführen!

Tabelle über die Verbreitung der in den Plexus brachialis eintretenden Rückenmarksnervenwurzeln.

Cervical- und Dorsalnerven.	Muskeln.		Haut.
V.	Deltoideus Supraspinatus Flexor longus antibrachii (Caput longum bicipitis)		Vordere innere Seite des Schultergelenks Ueber der Clavicula Untere äussere Gegend des Halses bis zur Mitte zwischen Schulter und Unterkiefer
VI.	Latissimus pectoris Pectoralis minor Deltoideus Supraspinatus Infraspinatus Subscapularis Teres minor	Abductor brachii superior Abductor brachii longus Coracobrachialis Flexor longus antibrachii Flexor brevis antibrachii (Caput breve bicipitis) Extensor carpi internus	Vordere Seite des Oberarms bis zum untern Dritttheil Ueber dem oberen Ende des Anconaeus longus und externus bis zum Schulterblatt Ueber der äusseren Seite des Schultergelenks Ueber dem Ansatzende des Latissimus pectoris
VII.	Latissimus pectoris Teres major Pectoralis major Pectoralis minor Supraspinatus Infraspinatus Subscapularis Teres minor	Abductor brachii superior Abductor brachii longus Anconaeus externus Anconaeus internus Pronator Flexor carpi internus Extensor carpi internus	Vordere Fläche des Vorderarms bis über die Mitte hinunter Ellenbogenbeuge Ueber dem unteren Theil des Anconaeus externus Ueber dem unteren Ende des Anconaeus longus bis zum Olecranon Innere Seite des Oberarms und Vorderarms.
VIII.	Extensor parvus antibrachii Anconaeus longus Anconaeus externus Anconaeus internus Anconaeus quartus Flexor carpi internus Flexor digitorum profundus Flexor digitorum sublimis	Palmaris Flexor carpi externus Abductor carpi Extensor carpi externus Extensor digitorum communis Extensor pollicis Abductor carpi	Vordere äussere Seite des Vorderarms Ueber der Sehne des Flexor carpi externus Volarfläche der Hand Volar- und Dorsalfläche des Daumens Volar- und Dorsalfläche des zweiten Fingers Volar- und Dorsalfläche des dritten Fingers Radialseite des vierten Fingers
I.	Extensor parvus antibrachii Anconaeus longus Anconaeus externus Anconaeus internus Anconaeus quartus Pronator Flexor carpi internus Flexor digitorum profundus Flexor digitorum sublimis Palmaris	Flexor carpi externus Abductor carpi Extensor carpi externus Extensor digitorum communis Adductor carpi Flexor digiti minimi Lumbricales Interossei	Hintere Seite des Vorderarms Gegen die Hand hin an der Ulnarseite Ulnarseite der Hand Ulnarseite des vierten Fingers Volar- und Dorsalfläche des fünften Fingers

Erklärung der Tafeln.

Tafel I.

Fig. 1. Rechter Oberarm von der Innenseite gesehen in beinahe natürlicher Grösse. Die Hautnerven und die Venen sind entfernt, die Arterien injicirt. Der N. radialis (R.) giebt am unteren Rande der Sehne des M. latissimus dorsi den Ramus collateralis ulnaris (r. c. u.) ab. Derselbe erscheint zunächst als Verbindungsfaden zum N. ulnaris (U.), in dessen Scheide er eine lange Strecke verläuft. Sich mit der A. collateralis ulnaris superior kreuzend, verzweigt sich der Ramus collateralis in den unteren Bündeln des Caput internum trieipitis. Die untersten werden in diesem Falle nicht von demselben versorgt. Die A. collateralis ulnaris inferior und die gemeinschaftlich entspringenden Aa. profunda brachii und circumflexa humeri posterior sind ebenfalls sichtbar, nicht aber die Ursprungsstellen der genannten Arterien aus der A. brachialis (B.). Der N. cutaneus internus major (c. i. m.) ist erhalten; derselbe deckt den N. medianus (M.) in der Figur theilweise und verzweigt sich auf der Fascia antibrachii. Die Muskeln bedürfen keiner Erläuterung.

Fig. 2. Rechte, sehr magere Hand eines Mannes. An den Nn. digitales volares sind die Vater'schen Körperchen erhalten.

Tafel II.

Fig. 1. Linker Plexus brachialis vom Kaninchen, in situ und in natürlicher Grösse.

IV. N. cervicalis quartus.

V. N. cervicalis quintus.

VI. N. cervicalis sextus.

VII. N. cervicalis septimus.

VIII. N. cervicalis octavus.

I. N. dorsalis primus.

A. Arteria brachialis.

V. Vena brachialis.

ph. Nervus phrenicus.

U. Nervus ulnaris.

M. Nervus medianus.

R. Nervus radialis.

* Gemeinschaftlicher Stamm des VIII. Cervicalnerven und I. Dorsalnerven. Durchschneidet man denselben, so tritt fettige Degeneration sämmtlicher Fingernerven ein.

Die angewendeten Bezeichnungen der Nn. cervical. IV. bis VIII. und des N. dorsal I. stehen sämmtlich neben der Austrittsstelle der betreffenden Nervenstämme aus ihren Intervertebrallöchern. Die Rami posteriores sind nicht angegeben. Der feine Zweig vom IV. Cervicalnerven zum Plexus brachialis fehlt gewöhnlich.

Fig. 2. Nervenstämmchen aus dem Unterhautbindegewebe der Volarseite des fünften Fingers vom Kaninchen. Ast vom N. digit. volar. ulnar. digiti V. Zwölf Tage nach der Resection des I. Dorsalnerven. Frisch, mit Natron. Vergr. 300.

Fig. 3. Nervenstämmchen aus dem Unterhautbindegewebe der Dorsalseite des zweiten Fingers eines andern Kaninchens. Ast vom N. digit. dorsal. radial. digiti II. Zwanzig Tage nach der Resection des gemeinschaftlichen Stammes der Nn. cervic. VIII. und dorsal. I. (* der Fig. 1.). Frisch, mit Natron. Die fettige Degeneration der Nervenfasern ist weiter fortgeschritten, als in Fig. 2. Man sieht nur noch einzelne grössere Tropfen von Nervenmark. Vergr. 300.

Fig. 4. Angeborene Missbildung des rechten Vorderarms eines 61jährigen Mannes. Beinahe natürliche Grösse, nach dem Leben gezeichnet. Ansicht von der Volarseite und von unten her. Vier kleine Warzen finden sich anstatt der Finger, von denen die beiden an der Ulnarseite mit Nagelrudimenten besetzt sind.

p. Daumen.

Fig. 5. Schematische Darstellung der Verknüpfung sensibler und motorischer Nervenfasern im Rückenmark zur Erläuterung der im physiologischen Abschnitt entwickelten Theorie des Ortssinns der Haut.

A und B sensible Nervenfasern, die jede mit einer Ganglienzelle in Verbindung stehen. Von letzteren entspringen die zum Gehirn verlaufenden Fasern g g, ferner eine die beiden Zellen in Communication setzende Verbindungsfaser, auf welche es für die Theorie des Ortssinns nicht weiter ankommt, und endlich:

a und b, motorische Nervenfasern, die zu den Muskeln MM führen.

Tafel III.

Plexus brachialis des rechten Arms des Menschen. Mit Hülfe der im anatomischen Abschnitt beschriebenen Schwefelsäure-Methode ist der N. medianus in seine Bestandtheile zerlegt. Es würde richtiger sein, dieses Geflecht Plexus medianus zu nennen. Von sämmtlichen zusammensetzenden Stämmen des Plexus brachialis lassen sich zum N. medianus Faserzüge verfolgen, was mit der grössten Leichtigkeit durch jene Methode gezeigt werden kann. Die übrigen Armnerven sind nicht in ihre einzelnen Faserzüge aufgelöst, sondern auf die gewöhnliche Art präparirt.

V. N. cervicalis quintus.

VI. N. cervicalis sextus.

VII. N. cervicalis septimus.

VIII. N. cervicalis octavus.

I. N. dorsalis primus.

A. N. axillaris.

C. m. Nervus cutaneus internus major. Der N. cutan. int. minor ist in der Darstellung nicht sichtbar.

U. Nervus ulnaris.

r. c. u. Ramus collateralis ulnaris Nervi radialis, dessen Aeste am N. ulnaris haften und anfangs in dessen Scheide enthalten waren. (S. Taf. I., Fig. 1. r. c. u.)

p. a. Pes anserinus Nervi mediani. Diese fünf Zweige enthalten jene Nervenfasern, welche als Nn. digit. volar. pollicis, indicis, digiti medii radiales und ulnares, sowie digiti annularis radialis endigen.

U. v. Nervus ulnaris volaris.

U. d. Nervus ulnaris dorsalis.

p. r. Nervus volaris pollicis radialis.

p. u. Nervus volaris pollicis ulnaris.

i. r. Nervus volaris indicis radialis.

i. u. Nervus volaris indicis ulnaris.

m. r. Nervus volaris digiti medii radialis.

m. u. Nervus volaris digiti medii ulnaris.

a. r. Nervus volaris digiti annularis radialis.

p. l. Ramus palmaris longus Nervi mediani.

r. m. Muskeläste des N. medianus.

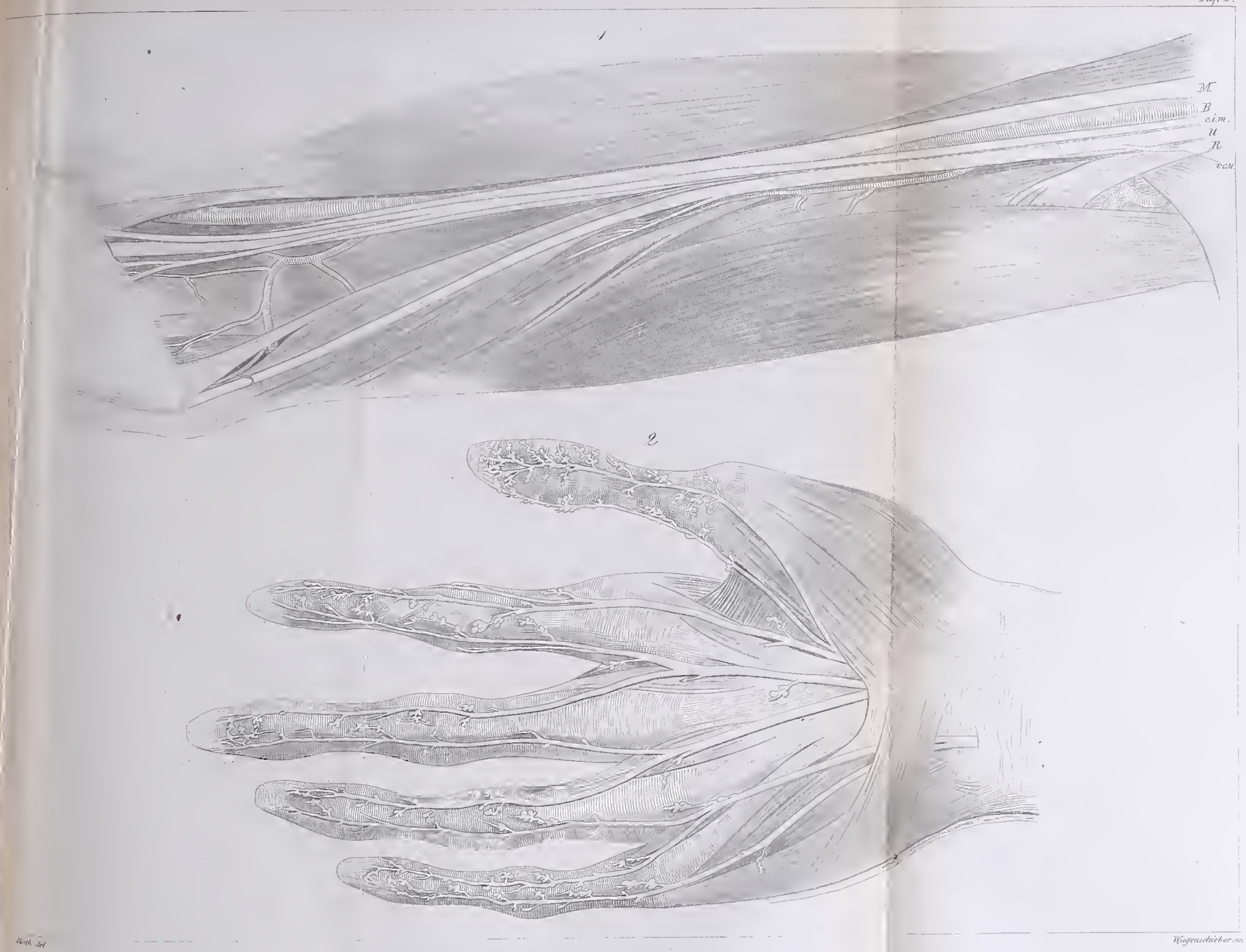
R. Nervus radialis.

M. Nervus musculocutaneus.

rrr. Aeste desselben.

Gedruckt bei E. Polz in Leipzig.

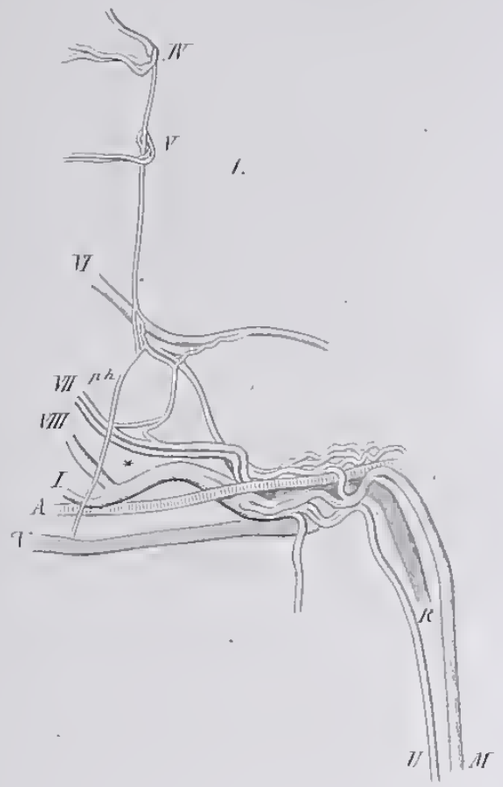
Taf. I.



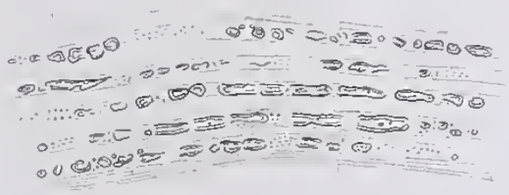
Roth del.

Wagenschieber sc.

1.

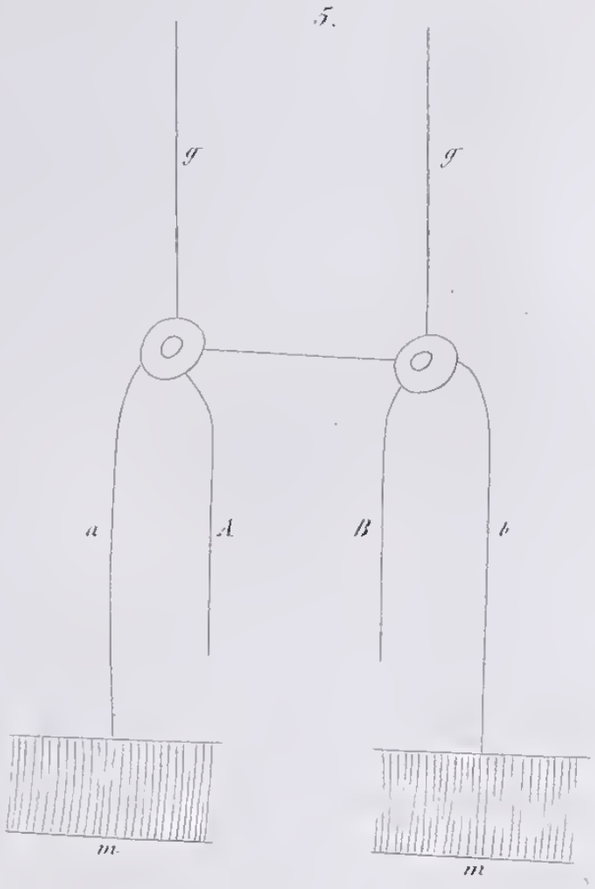


2.

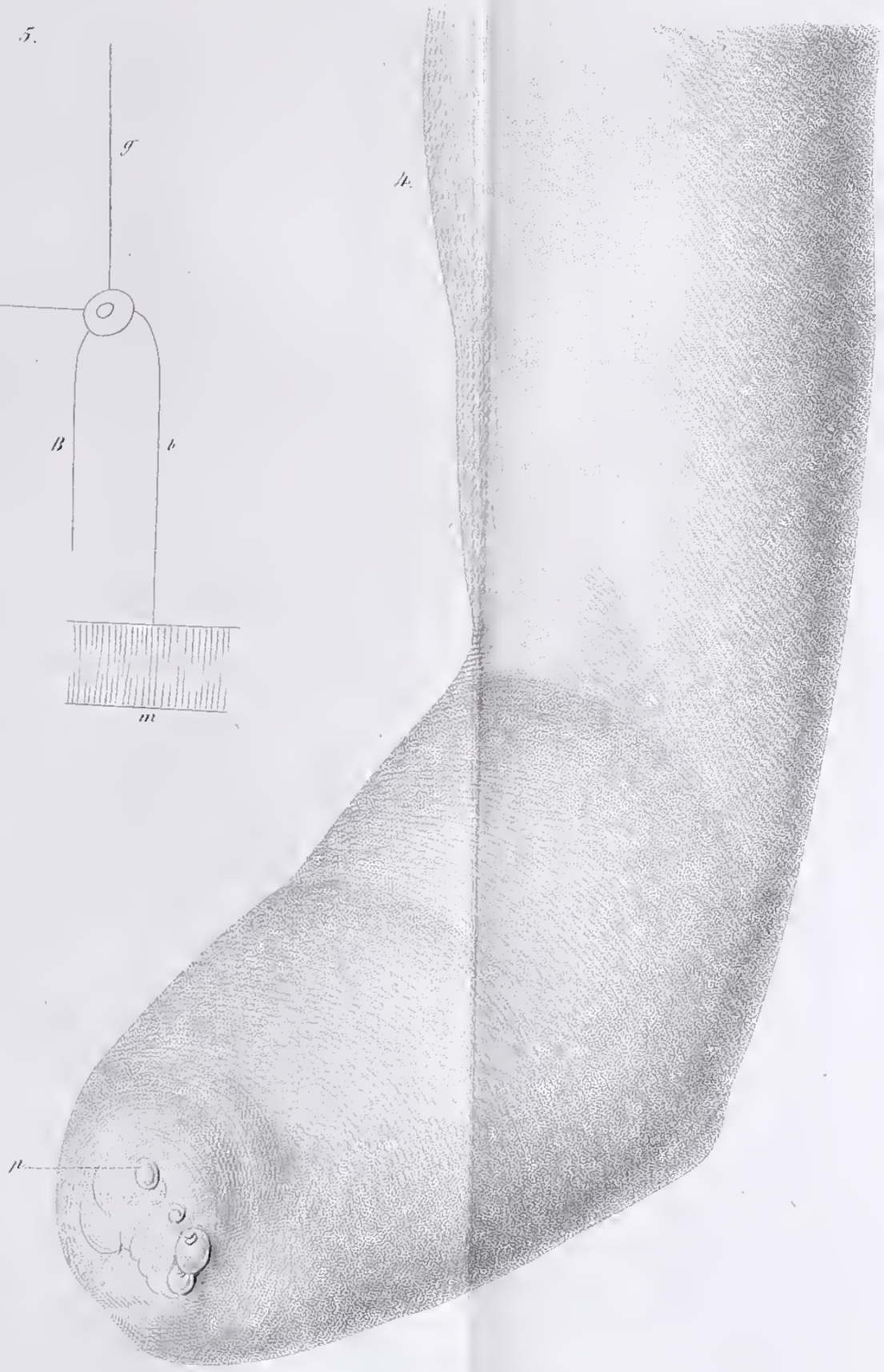


3.

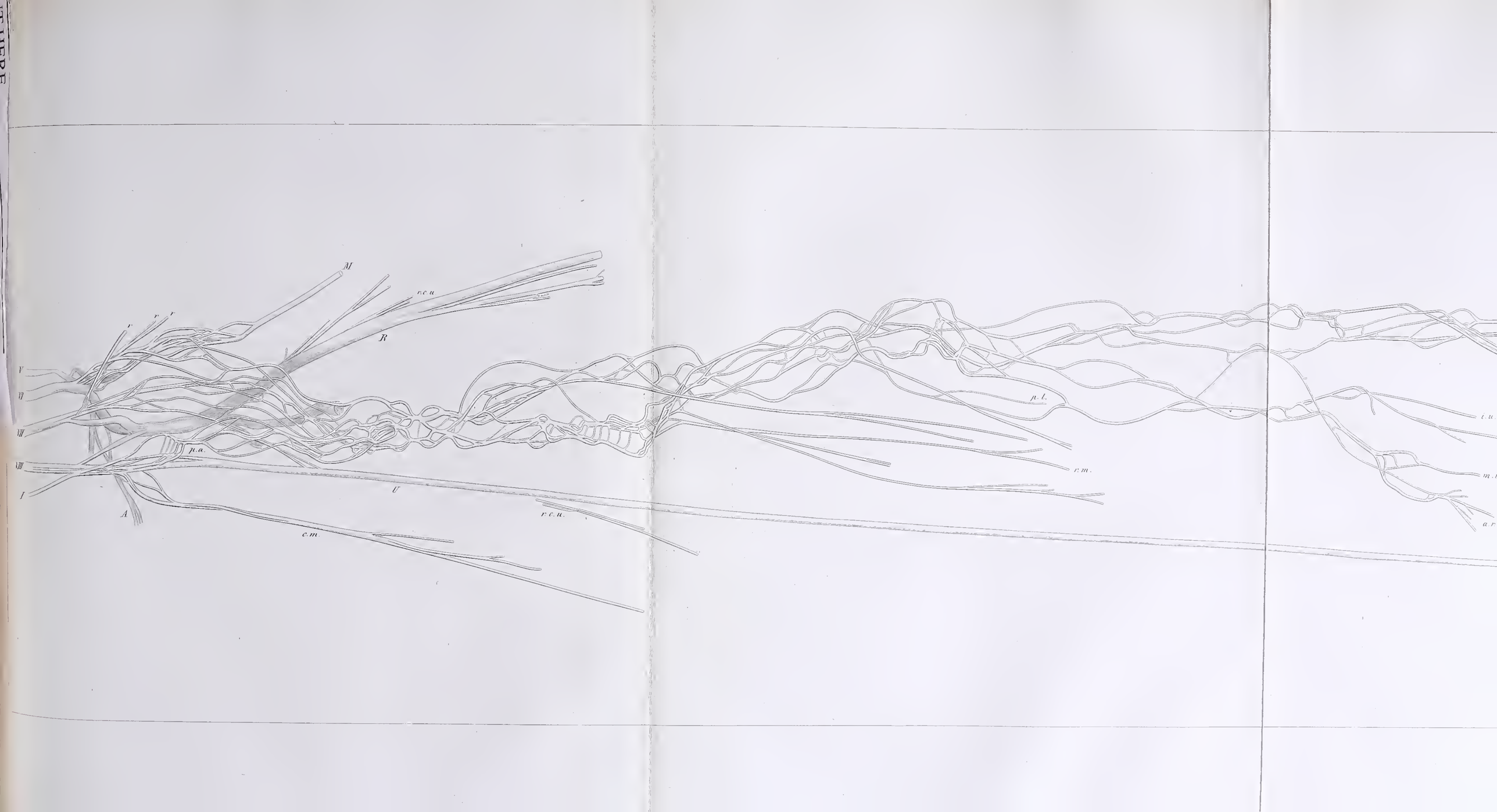
5.



4.



Wagenschieber sc.


M
r.c.u
R
V
VI
VII
VIII
I
p.a.
A
U
c.m.
r.c.u.
p.l.
r.m.